



УНИВЕРЗИТЕТ “Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ” - СКОПЈЕ  
ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИСКИ  
ТЕХНОЛОГИИ



- Докторска дисертација -

Тема:

Модел на безбеден мултимедиски медицински информационален систем базиран на  
мобилен облак

Ментор:  
Проф. д-р Данчо Давчев

Докторанд:  
м-р Горан Јакимовски, индекс бр. 3/2013д  
e-mail: [goranj@feit.ukim.edu.mk](mailto:goranj@feit.ukim.edu.mk)

Скопје, 2019

## Содржина

<b>ВОВЕД</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ПРЕГЛЕД НА ИСТРАЖУВАЊЕТО</b> .....	<b>6</b>
2.1 ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	8
2.2 ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ И ТЕЗИ.....	9
2.3 НАУЧНИ МЕТОДИ КОИ ЌЕ СЕ ПРИМЕНАТ.....	9
2.4 ОЧЕКУВАН НАУЧЕН ПРИДОНЕС.....	10
2.5 ПРИМЕНА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	10
<b>3 ПРЕГЛЕД НА ДОСТИГНУВАЊАТА НА НАУЧНАТА ДИСЦИПЛИНА ПОВРЗАНИ СО ПРЕДМЕТОТ НА ИСТРАЖУВАЊЕ</b> .....	<b>11</b>
3.1 ПРЕПРАЌАЊЕ НА ПОДАТОЦИ НА ОДДАЛЕЧЕН (ОБЛАК) СИСТЕМ.....	11
3.2 МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ И МЕДИЦИНСКИ ИНФОРМАЦИОНЕН СИСТЕМ.....	13
3.3 БЕЗБЕДНОСНИ МЕХАНИЗМИ ЗА РАЗМЕНА НА МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ.....	14
3.4 ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА МУЛТИМЕДИСКИ МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ.....	14
3.5 ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА ПОДАТОЦИ И НАМАЛУВАЊЕ НА АРТЕФАКТИ ПРИ КОМПРЕСИЈА.....	15
3.6 АНАЛИЗА НА МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ ПРЕКУ АЛГОРИТАМИ ЗА ДЛАБОКО УЧЕЊЕ.....	15
3.7 ЕРГОНОМСКА АНАЛИЗА И ПРИСПОСОБУВАЊЕ КОН КРАЈНИОТ КОРИСНИК.....	17
<b>4 РАЗМЕНА НА МУЛТИМЕДИСКИ ПОДАТОЦИ ПОМЕЃУ МОБИЛЕН УРЕД И ОБЛАК СИСТЕМ</b> .....	<b>18</b>
4.1 ГЕНЕРИРАЊЕ НА 3D СЛИКИ ВО ОБЛАК СИСТЕМ.....	19
4.2 ПРЕПРАЌАЊЕ НА ВИДЕО СОДРЖИНА НА ОДДАЛЕЧЕН ОБЛАК СИСТЕМ.....	22
4.2.1 <i>Приспособено на податоци за електронско учење</i> .....	22
4.3 ЕВАЛУИРАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА МОБИЛНО УЧЕЊЕ ПРЕКУ ИСКУСТВО.....	24
4.4 ПРИДОБИВКИ ОД ЕЛЕКТРОНСКО УЧЕЊЕ И РАЗВОЈ НА КОМПЈУТЕРСКИ КОМПЕТЕНЦИИ.....	26
4.5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ И АНАЛИЗА НА КОМПЈУТЕРСКИ ВЕШТИНИ.....	27
<b>5 МЕДИЦИНСКИ ЗДРАВСТВЕН ИНФОРМАЦИОНЕН СИСТЕМ</b> .....	<b>30</b>
5.1 КОРИСНИЦИ НА СИСТЕМОТ.....	30
5.2 АВТЕНТИКАЦИЈА И АВТОРИЗАЦИЈА СО NFC.....	32
5.3 БЕЗБЕДНОСТ НА СИСТЕМОТ.....	34
5.4 ТЕСТИРАЊЕ НА РАБОТАТА НА СЛОЕВИТЕ ЗА БЕЗБЕДНОСТ.....	36
5.4.1 <i>Праќање на слики од магнетна резонанса до мобилен уред</i> .....	37
5.4.2 <i>Праќање на сензорски информации од мобилен уред до облак системот</i> .....	39
<b>6 ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА МУЛТИМЕДИЈАЛНИ МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ</b> .....	<b>41</b>
6.1 ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА МЕДИЦИНСКИ МУЛТИМЕДИЈАЛНИ ПОДАТОЦИ СО МАТЛАБ АЛГОРИТМИ.....	41
6.2 МАТЛАВ СО ПРИМЕНА ВО МЕДИЦИНАТА.....	46
6.3 АЛГОРИТМИ ЗА ОБРАБОТКА НА СЛИКА ВО МАТЛАБ.....	49
6.4 ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА МУЛТИМЕДИЈАЛНИ МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ СО ПОМОШ НА КОМПРЕСИРАНА ВИДЕО СОДРЖИНА.....	53
6.5 АНАЛИЗА, КОМПРЕСИЈА И РЕЗУЛТАТИ.....	56
6.6 ИНТЕРАКТИВНО ПРИСПОСОБУВАЊЕ НА МУЛТИМЕДИЈАЛНИ МЕДИЦИНСКИ ПОДАТОЦИ.....	60
<b>7 ДЕТЕКТИРАЊЕ НА РАК НА БЕЛИ ДРОБОВИ СО ПОМОШ НА ДВОЈНО-КОНВОЛУЦСКА НЕВРОНСКА МРЕЖА</b> .....	<b>63</b>
7.1 КЛАСИФИКАЦИЈА НА МЕДИЦИНСКИ СЛИКИ И ПОСТОЕЧКИ РЕШЕНИЈА.....	64
7.2 КЛАСИФИКАЦИЈА НА МЕДИЦИНСКИ СЛИКИ СО ПОМОШ НА ДВОЈНА КОНВОЛУЦИЈА НА НЕВРОНСКИ МРЕЖИ.....	66
7.2.1 <i>Подготовка на податоците</i> .....	66
7.2.2 <i>Дефинирање, тренирање и тестирање на длабоката невронска мрежа</i> .....	68
7.2.3 <i>Дефинирање на спремност на различни невронски мрежи за класифицирање</i> .....	71
7.3 ОДРЕДУВАЊЕ НА ТХ ФАЗА НА ДЕТЕКЦИЈА НА РАК НА БЕЛИ ДРОБОВИ СО ПОМОШ НА ДВОЈНО-КОНВОЛУЦИСКИ ДЛАБОКИ НЕВРОНСКИ МРЕЖИ.....	73

7.4	СПОРЕДБА НА СТАНДАРДНА НАСПРОТИ ДВОЈНО-КОНВОЛУЦИСКА ДЛАБОКА НЕВРОНСКА МРЕЖА .....	74
<b>8</b>	<b>ЕРГОНОМСКА АНАЛИЗА И ОДРЕДУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТ НА ИСКУСТВО .....</b>	<b>76</b>
8.1	ЕРГОНОМСКА АНАЛИЗА НА МЕДИЦИНСКИОТ ЗДРАВСТВЕН СИСТЕМ .....	76
8.2	ЕРГОНОМСКА АНАЛИЗА НА БЕЗБЕДНОСТ НА МЕДИЦИНСКИ ЗДРАВСТВЕН СИСТЕМ .....	79
8.3	ЕРГОНОМСКА АНАЛИЗА НА ЦЕЛОКУПНИОТ МЕДИЦИНСКИ БЕЗБЕДНОСЕН ЗДРАВСТВЕН СИСТЕМ .....	80
<b>9</b>	<b>ЗАКЛУЧОК.....</b>	<b>84</b>
	<b>РЕФЕРЕНЦИ .....</b>	<b>86</b>

## Листа на слики

Слика 4-1 Испорака на содржина помеѓу мобилни уреди и мобилен облак.....	19
Слика 4-2 Мобилната апликација откако веќе се дефинирани две слики за креирање на 3D ОБЈЕКТ .....	20
Слика 4-3 Резултатот од TASK MANAGER апликацијата од НТС мобилен уред за искористување на ресурсите на уредот.....	20
Слика 4-4 Генериран 3D ОБЈЕКТ т.е. пресметана длабочина од две слики .....	21
Слика 4-5 Архитектура на систем за пренос на мултимедиска содржина во мобилен облак систем.....	23
Слика 4-6 Секвенциски дијаграм за размена на пораки помеѓу објекти од архитектурата.....	23
Слика 4-7 RDF/XML ПРИМЕР ЗА ПРИСТАП ДО СИСТЕМОТ ЗА УЧЕЊЕ .....	24
Слика 4-8 Прашалник за учење преку испорака на содржина од облак систем.....	26
Слика 4-9 Резултати од прашалникот за квалитет на услуга.....	26
Слика 4-10 Прашалник за моменталниот и потребен степен на познавање на компјутерските вештини .....	28
Слика 4-11 Резултати од компјутерските вештини пред креирање на интердисциплинарните групи .....	29
Слика 4-12 Резултати од компјутерските вештини по креирање на интердисциплинарните групи .....	29
Слика 5-1 1Архитектура на здравствениот информационер систем .....	30
Слика 5-2 Поврзување на медицинскиот информационер систем со апарати за анализа и скенирање .....	31
Слика 5-3 Секвенциски дијаграм на скенирање преку облак системот .....	31
Слика 5-4 Кориснички дијаграм за идентификација на користици во системот .....	33
Слика 5-5 Процедура за препраќање на податоци кои се чуваат локално на мобилниот уред до докторот од итна помош со користење на NFC .....	33
Слика 5-6 Заштитен систем на податоците на пациентите во медицинскиот мобилен облак систем.....	35
Слика 5-7 Слоевит безбедносен систем.....	35
Слика 5-8 Комуникациски модел од NFC мобилен уред до систем.....	37
Слика 5-9 ПРАЌАЊЕ НА СКЕНИРАНА СЛИКА ДО ОБЛАК СИСТЕМОТ И РЕЗУЛТАНТНАТА СЛИКА ОД АНАЛИЗАТА .....	37
Слика 5-10 Енкриптички систем на медицинскиот мобилен облак систем .....	39
Слика 5-11 Пренос на сензорски информации од мобилен телефон во облак системот .....	39
Слика 6-1 Репрезентација на слика во Матлаб.....	42
Слика 6-2 Бинарна наспроти GRAY-SCALE СЛИКА.....	43
Слика 6-3 КОНВЕРЗИЈА НА МАТРИЦА ВО СЛИКА.....	44
Слика 6-4 ИНДЕКСИРАЊЕ НА СЛИКА ВО МАТЛАБ .....	44
Слика 6-5 Оригинална слика и нејзина претстава во RGB ФОРМАТ .....	45
Слика 6-6 AREA СПЕКТАР НА ТОМОГРАФСКА СЛИКА НА МОЗОК .....	46
Слика 6-7 ПРИМЕР ЗА КОРИСТЕЊЕ НА ПОМОШНИ МАТРИЦИ НА ИНДЕКСИРАЊЕ.....	47
Слика 6-8 ТРОДИМЕНЗИОНАЛЕН ГРАФИК НА ТОМОГРАФСКА СЛИКА НА МОЗОКОТ .....	47
Слика 6-9 СЛИКА ОД РЕТИНА КАДЕ СЕ ГЛЕДА ДИЈАБЕТСКА РЕТИНОПАТИЈА И МИКРОАНЕУРИЗАМ.....	48
Слика 6-10 ПОПРАВКА НА СЕНКИ И ЗАМАТЕНОСТ НА РЕТИНАЛНА СЛИКА .....	49
Слика 6-11 ТОМОГРАФСКА СЛИКА ЗА ТЕСТИРАЊЕ НА АЛГОРИТМИТЕ .....	50
Слика 6-12 ДЕТЕКТИРАЊЕ НА РАБОВИ НА СЛИКА.....	50
Слика 6-13 ДЕТЕКТИРАЊЕ АНОМАЛИИ ВО РЕНДГЕН СЛИКА.....	51
Слика 6-14 ДЕТЕКЦИЈА НА АНОМАЛИИ СО ПОМОШ НА СПОРЕДБА НА СЛИКИ.....	51
Слика 6-15 БОЕЊЕ НА ЛИНИИТЕ НА РАЗЛИКАТА ОД СЛИКИТЕ .....	52
Слика 6-16 СПОЈУВАЊЕ НА ДВЕТЕ СЛИКИ И ПРИКАЗ НА РЕЗУЛТАНТНАТА СЛИКА .....	52
Слика 6-17 АНАЛИЗА НА БОИ НА ОРИГИНАЛНАТА СЛИКА ПРЕСТАВЕНА ПРЕКУ ПРОМЕНЛИВАТА „РЕЗУЛТАТ“ .....	53
Слика 6-18 НЕКОМПРЕСИРАНА РАМКА ОД ВИДЕО СЕКВЕНЦА ОД СТА СКЕНИРАЊЕ НА ЧОВЕЧКО СРЦЕ.....	57
Слика 6-19 НЕКОМПРЕСИРАНА РАМКА ОД ЕНДОСКОПСКА АНАЛИЗА НА ДИГЕСТИВЕН ТРАКТ .....	58
Слика 6-20 НЕКОМПРЕСИРАНА РАМКА ОД УЛТРАЗВУК ВИДЕО СЕКВЕНЦА НА ЖЕЛУДНИК .....	58
Слика 6-21 МЕНУВАЊЕ НА ГОЛЕМИНАТА НА ВИДЕО ДАТОТЕКАТА НАСПРОТИ РАЗЛИЧНИ ТЕХНИКИ НА КОДИРАЊЕ.....	59
Слика 6-22 ПРЕСМЕТУВАЊЕ PSNR ЗА ВИДЕО СЕКВЕНЦА.....	59
Слика 6-23 РЕАК SIGNAL-TO-NOISE RATIO НАСПРОТИ РАЗЛИЧНИТЕ ШЕМИ НА КОДИРАЊЕ .....	60
Слика 6-24 МОБИЛЕН АПЛИКАЦИСКИ ИНТЕРФЕЈС ЗА ПРИСТАП ДО ПОДАТОЦИ ОД ОБЛАК СИСТЕМ.....	61
Слика 6-25 УЛТРАЗВУК ВИДЕО ЗАПИС ПРИСПОСОБЕН СПОРЕД КОРИСНИЧКИ (ПАЦИЕНТСКИ) БАРАЊА.....	62
Слика 7-1 СЛИКА ОД КОМПЈУТЕРСКА ТОМОГРАФИЈА, ПРЕДКЛАСИФИЦИРАНА ОД МЕДИЦИНСКО ЛИЦЕ И ПОТВРДЕНА СО БИОПСИЈА ДЕКА ПАЦИЕНТОТ ИМА РАК НА БЕЛИТЕ ДРОВОВИ .....	67

Слика 7-2 Различни агли на слики од компјутерска томографија на пациенти со дијагностициран рак на бели дробови .....	67
Слика 7-3 . Пресметување на состојбата на еден изолиран неврон .....	69
Слика 7-4 Пресметка на излезната енергија на невронот к во слојот ј во повеќе-слојна невронска мрежа .....	69
Слика 7-5 Конволуција на слика од компјутерска томографија на бели дробови, сегментирана и филтрирана со филтри за детекција на рабови.....	70
Слика 7-6 RECEIVER OPERATING CHARACTERISTIC (ROC) крива за одредување на различните прагови за класификација кај стандардна наспроти двојно-конволуциска длабока невронска мрежа .....	73
Слика 7-7 Фази II, III и IV од рак на бели дробови .....	74
Слика 7-8 Резултати од класифицирање на слики од рак на бели дробови во фазите II, III и IV .....	75
Слика 8-1 Дијаграм од ергономска анализа на целиот систем .....	78
Слика 8-2 Резултати од тестирањето на медицинскиот персонал .....	81
Слика 8-3 Резултати од анкетата на пациентите .....	82

### Листа на табели

ТАБЕЛА 4-1 Препраќање на податоци на оддалечен облак систем со различни протоколи на комуникација.....	22
ТАБЕЛА 4-2 Препраќање и обработка на видео содржина со различни комуникациски протоколи.....	22
ТАБЕЛА 4-3 Модифицирана листа од компјутерски вештини .....	27
ТАБЕЛА 4-4 Резултати од приспособениот прашалник.....	29
ТАБЕЛА 6-1 Различни сценарија на кодирање на медицински видео материјали .....	56
ТАБЕЛА 7-1 Средни вредности од резултатите на класифицирање на стандардна наспроти двојно-конволуциска длабока невронска мрежа .....	72
ТАБЕЛА 7-2 Мерење на точност, осетливост, специфичност и точно предвидување на стандардна наспроти двојно-конволуциска Длабока Невронска Мрежа .....	73
ТАБЕЛА 8-1 Ергономска анализа на целиот систем .....	77
ТАБЕЛА 8-2 севкупна анализа на системот од анкетирање на пациентите (1..10) .....	78
ТАБЕЛА 8-3 севкупна анализа на системот од анкетирање на докторите (1..10) .....	78
ТАБЕЛА 8-4 Резултати од ергономска анализа .....	79
ТАБЕЛА 8-5 Ергономска анализа на безбедносниот облак систем за медицински лица.....	80
ТАБЕЛА 8-6 Ергономска анализа на безбедносниот систем од страна на пациентите .....	82

## Апстракт

Од неодамна, длабоко учење се користи заедно со конволуциски невронски мрежи за класификација на слики и препознавање шаблони. Во оваа докторска дисертација е претставен мултимедиски медицински безбеден облак систем кој се користи од страна на пациенти и медицински персонал за чување, пристап, обезбедување и анализа на медицински податоци. Целиот систем е поткрепен од истражувања во областа на надежен и брз пренос на мултимедијални податоци и приспособување на истите преку намалување на несаканите артефакти. Главната придобивка на ова истражување е креирањето на модифицирана двојно-конволуциска длабока невронска мрежа, која што се тренира со помош на слики од Компјутерска Томографија (КТ). Модифицираната невронска мрежа се споредува со стандардна конволуциска длабока невронска мрежа, притоа се анализира точноста на класификација и препознавање на рак на бели дробови. Но, главната придобивка од анализите на овие две невронски мрежи е одредување на Тх фазата во која овие топологии можат да детектираат можност за рак на белите дробови. По обемната обука со 100 епохи, добивме највисока точност на класифицирање од 0.9962, додека пак, со стандардната невронска мрежа добивме само 0.876 точност.

**Клучни зборови: артефакти, длабоки невронски мрежи, медицински информационален систем, приспособување на медицински мултимедиски податоци, рак на бели дробови**

## Вовед

Науката и технологијата се надополнуваат и поврзуваат во идејни и реализирани решенија кои се стремат да го подобрат и олеснат човековиот живот преку олеснување на секојдневните проблеми. Многу ретко се креираат нови и целосно иновативни решенија, па затоа, во последно време светот на науката е свртен кон оптимизирање на постојните решенија и нивно приспособување кон крајниот корисник. Доколку се креира решение, кое што, технолошки и научно ќе биде иновативно, често се случува, тоа решение, да биде малку користено (или воопшто) од крајниот корисник бидејќи не е приспособено кон неговите секојдневни (работни) рутини. Поради тоа што луѓето се организми кои работат на навика и многу тешко прифаќаат промени, затоа, многу е важно, решението кое што ќе биде донесено, да може лесно да се вклопи во секојдневието на човекот. Ова решение, не треба да воведи дополнително усложнување и отежнување на крајниот корисник, каде што тој ќе мора да менува многу во неговите секојдневни приватни и работни навика.

Во дигиталниот свет, најголем дел од податоците кои што се генерираат и информациите што се споделуваат, доаѓаат од мобилните уреди. Начинот на кој овие податоци се разменуваат, чуваат и обработуваат може многу да помогне во спознавање на крајниот корисник и креирање на решенија кои што ќе бидат приспособени на неговите барања. Но, користењето на мобилните уреди во секојдневниот живот поставува нови предизвици за обработка, приспособување и рендерирање на мултимедијални содржини. Овие предизвици произлегуваат од ограничувањата кои ги имаат мобилните уреди (краток животен век на батеријата, мемориски ограничувања, пресметковни ограничувања и слично). Еден начин како може да се реши овој проблем, е со испраќање на податоците на оддалечен систем, притоа системот треба непрекинато да комуницира со крајните (мобилни) уреди и да биде синхронизиран со нивните потреби. Дополнително, овој оддалечен систем треба да биде скалабилен и безбеден. Скалабилноста на системот значи дека истиот треба да има можност за додавање нови функционалности и нови корисници, а притоа, целата оваа комуникација да биде безбедна. За таа цел, најсоодветно е користење на облак систем за испорака на мултимедијална содржина од мобилни уреди, притоа, овој систем треба да послужи како околина за обработка на оваа содржина и испорака назад до мобилните апликации (уреди).

Бидејќи облак системите се по дефиниција скалабилни системи со висока пресметковна моќ, ваквото комуницирање со крајните мобилни уреди може да доведе до ефикасно искористување на компјутерската (пресметковната) моќ на облак системот. Овој начин на комуникација значи дека ресурсите на облак системот ќе бидат оптимално со цел да се постигне испорака на висококвалитетни мултимедијални содржини. Во ова истражување е покажано како обработката на мултимедијални содржини, сместени локално на еден мобилен уред, можат да се испратат и истите да се обработуваат во облак системот, притоа променетите мултимедијални содржини да се испорачаат назад до мобилниот уред на корисникот. Истражувањето, исто така, покажува дека користењето на различни протоколи за комуникација (EDGE, 3G и LTE) може значително да влијае на целокупното време потребно да се испратат, обработат и вратат назад овие податоци до мобилниот уред.

Мобилните уреди, како сервисни платформи, може лесно и едноставно да се претворат во едукативни алатки за учење на далечина, учење од дома и начин на размена на материјали и комуникација со наставниот кадар. Некои од предностите на мобилните алатки за учење се преносливоста, учење во реално време и пристап до материјали од било каде и било кога, автономност, интеракција и соработка во процесот на учење на далечина. Сепак, за да можат мобилните уреди да се справат со овие барања и да го овозможат овој начин на комуникација, се соочуваат со многу ограничувања, како што се ограничувања на батеријата и пресметковната моќ, брзина на обработка и ограничувања во приказот на податоците. Постојните мобилни едукативни системи во основа користат традиционални методи на пренос на знаењето и оценување на истото. Во овој контекст, традиционалните мобилни едукативни системи ја нудат истата содржина и тип на едукативен материјал на сите студенти. Одредено подобрување во процесот на учење може да се постигне со користење на интерактивни видео-

едукативни системи, кои преку прикажување на видео материјал во реално време може визуелно да ја прикаже содржината подобро од пишаните книги. Со користење на овој метод на размена на материјали за учење, инструкторите и наставниот кадар им овозможуваат на нивните студенти/ученици да пристапат до овие материјали преку облак систем, притоа до овој систем пристапуваат преку некој тип на конекција и комуникација (GPRS или WiFi). Со користење на нивните мобилни уреди, студентите/учениците да можат да ги преземат материјалите и/или да ги користат во реално време. Постојните мобилни едукативни околин, се уште се соочуваат со технолошки проблеми и проблеми на квалитет на услугата (Quality of Service – QoS), притоа проблемите произлегуваат од користење на различни мултимедиски содржини, приспособување на материјалот за учење на потребите и преференциите на ученикот/студентот. Дополнителен предизвик кој што се појавува, во овој систем, е интеракцијата во реално време помеѓу студентот/ученикот и мобилната платформа за учење. Предизвикот овде произлегува од ограничувањата на мрежното поврзување и пропусниот опсег. Во овој труд, се предлага систем за пренос (размена) на мултимедијална едукативна содржина до крајните корисници (студентите), притоа истата се приспособува според нивните способности и преференции за користење на истата. Исто така, во овој систем се прави приспособување на „тешките“ мултимедијални податоци кон условите и моменталната состојба на мрежата. Ова се прави со цел да се постигне оптимално време на пренос на содржината. Експерименталните резултати се добиени од користење и меѓусебна соработка на 30 корисници (студенти).

Како надополнување на истражувањето, се воведува користење на облак систем, како платформско решение за мобилната едукација. На овој начин, се прави анализа на нивото на искористување на ресурсите на облак системите. Исто така, се прави анализа на користењето на компјутерски систем во професионалниот свет (студирање и работа) и колку тоа може да им помогне на студентите и работниците во нивната работа. Фокусот на истражувањето е развој на компјутерски вештини (компјутерски компетенции) кај студенти и/или вработени преку воведување на планирање на нивната едукација и примена на истата во професионалниот свет. Исто така, како целна група ги одбираме студенти од инженерски науки и студенти од бизнис и менаџмент, со цел да се анализира начинот на кој студенти од овие две различни области ќе комуницираат при решавање на заеднички проблем. На овој начин, со користење на студенти од различни едукативни области, ќе може да се анализира начинот на кој тие го решаваат истиот или сличен проблем, преку користење на компјутерски алатки и вештини. Многу е важно да се мотивираат студентите (вработените) да учествуваат во активности кои што ќе помогнат во развој на нивните компјутерски вештини, преку нивно практично користење. Во истражувањето се вклучени одбрани студенти од Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, притоа целта е да се анализира пристапот на овие студенти и нивото со кое што тие ќе пристапат кон решавање на проблеми од областа на: креирање и размена на информации, креирање на содржини, моделирање на проблеми, решавање на проблеми и начини на соработка и учење. Исто така, целта на ова истражување е да се откријат важните разлики помеѓу различните компјутерски вештини со кои што располагаат инженерите и бизнис менаџерите, и како истата да се надмине уште во едукативниот процес. Во истражувањето, оваа анализа се постигнува со помош на решавање на заеднички проблеми на групи на студенти од различни области.

Последните достигнувања кај пресметките во облак и Near Field Communication (NFC) и спојувањето на овие две технологии, воведоа големи подобрувања во процесот на прибирање и обработка на големо множество на податоци, подобрување на корисничката автентикација и авторизација во системите. Голем дел од последните истражувања вклучуваат технологии за обработка на медицински податоци за пациенти и медицински персонал. Како технологија, NFC најчесто се користи за означување (идентификување) на корисници, притоа во даден систем, NFC може да се примени за идентификување на пациенти (или медицински лица). На овој начин, преку едноставно допирање на уредот за автентикација и NFC картичката, корисникот може да се идентификува и да пристапи до системот т.е. до својот медицински профил (доколку е пациент) или до соодветниот профил на пациент (доколку е медицинско лице).



Технологија на брзо идентификување и авторизирање на корисници во даден систем е пожелна кај системи каде брзо треба да се реагира, како што е медицината и како што се медицинските податоци, каде што навремено реагирање и лечење ги зголемува шансите за спасување на човечки животи. Во медицината, потребно е замена на стандардната хартиена документација со електронска, каде податоците лесно ќе можат да бидат достапни и можат да се испорачаат до медицински лица на далечина за да се добие дополнителен стручен совет или дијагноза. Во истражувањето се предлага здравствен информационален систем кој ќе биде поткрепен со мобилни апликации кои, заедно со пресметките во облак, креираат интегриран систем за пристап, преглед и анализа на медицинско досие на пациентите и соодветно ажурирање. Дополнително, голем дел од специјалистичките прегледи најчесто се прават со дополнителна медицинска опрема (Рендгенски снимки, CAT, MRI, ...), кои се интегрираат во системот за полесно управување со податоците и медицинските дијагнози. Секој медицински наод од типот на кардиограм, рендгенска слика (снимка) или мерење на крвен притисок, автоматски се запишува за секој пациент во неговото досие. Потоа, преку NFC се добива информација за медицинското лице кое го направило наодот и за кој пациент е истиот.

Системот предложен во трудот е заснован врз потребите на пациентите, односно сите активности преземени во рамките на системот се поврзани со пациентите и како да се направи здравствениот систем поефикасен. Секој корисник има NFC картичка, која може да се користи во сите три режими на работа. Пациентот, со помош на NFC, може да побара дијагностика од некој преглед да се испрати на неговиот мобилен уред. Исто така, пациентите може да ја добијат целата своја медицинска историја, да побараат дијагностика (да закажат дијагностички преглед) и да управуваат со нивниот здравствен профил преку нивните NFC мобилни уреди. Ако мобилниот уред е опремен со сензори, NFC опремениот уред може да биде програмиран да ги користи овие биолошки сензори, така што, мерењата ќе ги праќа до оддалечениот облак систем, каде ќе бидат анализирани во реално време и зачувани.

Бидејќи овој модел е насочен кон пациентите и, поради тоа што, медицинските информации се многу чувствителни по природа, голем дел од пациентите и медицинскиот персонал се загрижени за безбедноста, заштитата и сигурноста на медицински податоци во системот. Корисниците не се подготвени да ги споделуваат своите медицински податоци и истите да се чуваат на облак систем. Во трудот е предложен безбедносен систем со повеќе слоеви, каде што безбедноста на податоците е реализирана во неколку различни фази. Првиот слој се користи за автентикација, каде што, во трудот се предлага користење на NFC со означување за да се идентификуваат пациентите и медицинскиот персонал. Во овој слој има алгоритми за енкрипција, заштита на податоци и идентификација на корисникот, кој преку мобилната апликација бара пристап до информации од медицинскиот облак систем. Оваа автентикација може да се направи со користење на лозинка, код или отпечаток од прст за идентификација (доколку е достапно во мобилниот уред). Следната фаза е дефинирање на строги граници помеѓу кориснички профили преку дефинирање на правилата за кориснички привилегии. Последната фаза е гео-означување, зад кое стои користење на GPS систем за означување на мобилниот уред, така што, медицинскиот облак одредува локацијата од каде што пациентот или медицинскиот персонал пристапува на облак системот. Со воведување на овој модел за безбедност со повеќе слоеви, напаѓачите ќе имаат тешкотии во нарушување на безбедноста на пренесените податоци и податоците кои што се зачувани во облакот.

Системот има два слоеви на пристап, каде што првиот слој е дефиниран помеѓу „роса“ и „магла“ деловите, додека пак вториот слој е облак системот. Бидејќи системот е направен да работи со повеќе од една клиника/болница, секоја медицинска установа има сопствен медицински податочен систем. Секој еден од овие поединечни системи го формираат слојот на „магла“/„роса“, кои комуницираат со вториот слој (облак системот). Овој принцип на два слоеви на пристап се прави со цел да се воведат локалност на податоците и забрзување на преносот на истите. Ова решение се заснова на претпоставката дека еден ист пациент најчесто ја посетува истата медицинска установа, и поради тоа, податоците за тој пациент се чуваат во „магла“/„роса“ делот т.е. во неговата матична медицинска установа. Доколку пациентот случајно отиде во друга медицинска установа, само во тие ретки случаи ќе има потреба за

префрлување на податоците од неговата матична медицинска установа во облак системот преку вториот слој. Ажурирањето на податоците се прави соодветно, т.е. доколку ажурирањето се прави преку медицинска установа која што не е матична за тој пациент, податоците за тој пациент, по одреден период, ќе се запишат во неговата матична установа.

Мобилниот медицински мултимедиски облак систем е безбеден и целосно интегриран „облак“/„магла“/„роса“ систем за следење, анализирање, зачувување и пристап до медицинските податоци на пациентите на контролиран начин. Поради тоа што е мобилен систем, како што беше опишано претходно, корисниците користат најразлични типови на мобилни уреди за пристап до системот, притоа мултимедијалните податоци во даден момент може да треба да бидат прикажани на голем екран со висока дефиниција, а во друг момент може да треба да се прикажат на мал мобилен уред со поинаков екран и перформанси. Според ова, мултимедијалните податоци треба да се приспособат на моменталното барање за прикажување, притоа да не прави разлика тоа што тие во облак системот се чуваат со најдобра резолуција и дефиниција. Исто така, бидејќи се „тешки“ податоци, истите треба да се пратат преку мрежни протоколи (најчесто безжични) до крајниот уред. Ова значи дека треба да се направи анализа дали треба да се прати во највисока дефиниција мултимедијалниот податок, дури и во случај кога крајниот уред на кој се праќа ја поддржува истата. За да не дојде до задушување на мрежата, мултимедијалните медицински податоци може да се кодираат и намалат со цел да се пратат полесно во услови на преоптовареност на мрежна комуникација.

Бидејќи медицинските податоци се осетливи, тоа значи дека и најмал пиксел на некоја слика може да значи нешто сериозно (тумор или слично). Поради тоа, медицинските апарати кои генерираат мултимедиска содржина, истата ја генерираат со висок квалитет и ниска компресија. На овој начин се добива видео датотека која зазема многу меморија. Како што беше опишано претходно, со цел да се прати побрзо и да се приспособи на крајниот мобилен уред, најчесто мултимедијалните податоци треба да се смени нивната резолуција и/или да се кодираат и намалат. Затоа, во трудот се разгледуваат различни техники за кодирање на видео материјалот, така што ќе се намали големината на видео материјалот до задоволителен степен.

Следен чекор при градење на медицински информационен систем е анализа на податоците. Алгоритамите за препознавање на слика и длабоко учење најчесто се користат во складност со конволуциски длабоки невронски мрежи. Најголемиот придонес во трудот е анализата на медицински слики од компјутерска томографија (Computed Tomography – CT) со цел да бидат искористени за креирање на алгоритам на длабока невронска мрежа кој има дополнителен слој за конволуција. Мрежата се тренира и тестира со помош на околу 1500 слики од пациенти, притоа сликите се од компјутерска томографија направени за анализа и одредување на рак на бели дробови. Откако мрежата е успешно тренирана и тестирана, нејзината топологија се зачувува, за да може облак системот да ја користи за предвидување. Предвидувањето во овој случај значи класифицирање на тоа дали на сликата може да се препознае рак на бели дробови. Потоа, во трудот е изложено користење на алгоритамот за препознавање на рак на бели дробови во тест сценарио каде пациентот има дијагностицирано рак на бели дробови, притоа истиот е бавно-прогресирачки. Тоа значи дека го тестираме алгоритамот наспроти бавно-прогресирачки рак на бели дробови (користиме слики од пациент кај кој е дијагностицирано рак на бели дробови), со цел да го одредиме прагот (фазата) во која системот ќе препознае можност за рак на бели дробови. Во процесот на креирање на алгоритамот, се прави оптимизација на истиот, така што се тренира да препознава рак на бели дробови преку користење на слики од томографија кои што се од ист агол скенирани. Потоа, користиме двојна конволуција со цел да може подетално да се пребара низ сликите. Секој конволуциски слој е проследен со максимизирачки (max pooling) слој, кој се воведува за да може да се намали множеството податоци, а со тоа да се избегне презаситување на мрежата. Нашиот алгоритам со двојна конволуција е спореден со стандардниот алгоритам т.е. со еден конволуциски слој.

Секој електронски систем, кој се воведува како замена за постоечки застарен систем за управување со податоци, често наидува на негодување и не прифаќање од страна на корисниците. Ова најчесто се случува во области како што е медицината, каде што,

медицинскиот персонал, а особено пациентите, често го одбегнуваат користењето на нов информациона систем кој теоретски би требало да ја олесни работата на корисниците. Самата имплементација и користење на нов систем знае често да се разликува од тоа како е замислен системот до реална имплементација и употреба на истиот. За таа цел, потребни се анализи на системот преку анкети врз пациенти и медицински персонал (корисници на системот). Анкетите треба да вклучуваат детали околу начинот на користење на системот, неговата употребливост и колку истиот е подобрување од претходниот систем. Корисниците најчесто добиваат тип на прашања со кои би се анализирано нивното искуство при користење на системот. Резултатот од анализата потоа се користи за промена и приспособување на системот кон потребните на корисниците.

Остатокот од трудот е организиран во неколку поглавја. Во поглавје 2 се прикажани методите кои што се користат за истражување, главната хипотеза заедно со помошните хипотези, алатките кои што се користат и очекуваниот придонес од трудот. Поголавје 3 го содржи прегледот на литературата и што во останатите истражувања на оваа област е постигнато. Во поглавје 4 е прикажан начинот на размена на податоци помеѓу мобилни уреди и облак систем, притоа освртот е кон мултимедијалните податоци. Дополнително, во поглавје 4 е прикажана примена на ова истражување при учење на оддалечено и користење на компјутерски алатки за полесно решавање на проблеми при работа. Поголавје 5 го претставува медицинскиот информациона облак систем, начин на имплементација, зачувување и, пред сè, безбеден пристап до системот преку мобилни уреди. Во поглавје 6 се прикажани слоевите за приспособување на мултимедијалните медицински податоци кон крајниот уред, кои што се приспособуваат, исто така, и на мрежното оптоварување. Во поглавје 7 се претставени анализите на медицински податоци и алгоритмот за препознавање на рак на белите дробови, проследен со ергономска анализа на системот во поглавје 8. Поголавје 9 и 10 се заклучокот и референците соодветно.

## 2 Преглед на истражувањето

Во ова истражување се разгледуваат можностите за развивање на нов безбеден облак систем, притоа ресурсите на овој систем се користат за зачувување, обработка и приспособување на медицински профили на пациенти. Пристапот и користењето на овој систем е преку мобилни уреди, кои, преку слоевит модел на безбедност пристапуваат до системот, така што се запазува интегритетот на податоците и се одржува нивната безбедност. Слоевиот безбедносен модел воведува неколку нивоа на безбедност, преку кои може да се препознае и спречи напад, неконтролиран пристап и промена на податоците. Предложената безбедност ја адресира безбедноста при пристап до медицинскиот мобилен облак систем и електронскиот здравствен информационален систем, но, не ја адресира подлогата од која се гради облак системот. Потоа, развиен е алгоритам за анализа на медицинските податоци и препознавање на рак на бели дробови. Алгоритамот, во основа, користи длабоко учење со помош на конволуциска невронска мрежа за препознавање и класифицирање на слики. Откако системот ќе биде имплементиран и истиот започне со користење, над медицинскиот информационален облак систем, се прави ергономска анализа и приспособување на истиот следствено на резултатите од анализата. Анализата се прави со стандардни прашалници на крајните корисници (во случајот, тоа се пациентите и медицинскиот персонал).

### Архитектура на системот

Во ова истражување, здравствениот медицински систем е поткрепен со мобилни апликации, кои заедно со пресметките во облак, креираат интегриран систем за пристап и преглед на медицинско досие на пациентите и соодветно ажурирање. Дополнително, голем дел од специјалистичките прегледи најчесто се прават со дополнителна медицинска опрема (рендгенски снимки, CAT, MRI,...) кои се интегрираат во системот за полесно манипулирање со податоците и медицинските дијагнози. Секој наод, од типот на кардиограм, рендгенска слика или мерење на крвен притисок, автоматски се запишува за секој пациент во неговото досие. Притоа, системот, преку NFC, добива информација за тоа кое медицинско лице го направило наодот и за кој пациент.

### Мобилен медицински информационален систем

Користењето на здравствен информационален систем во склоп на мобилни уреди и можноста пациентите да го имаат своето досие на својот мобилен уред, треба да воведат подобрување и олеснување на користењето на медицинскиот информационален систем (МИС), а со тоа да се подобри медицинското искуство на пациентите и медицинскиот персонал. Преку овој систем, пациентот, покрај тоа што има пристап до сопствените податоци, тој може и да управува со нив преку менување на начините на пристап до истите и дефинирање на безбедноста на самите податоци. Тоа значи дека, пациентот, на сопствен ризик, да дозволи податоците да бидат прочитани од страна на трето лице (на кое што тој ќе даде овластување). Пациентот, дополнително, може да биде лоциран преку неговиот уред или да повика брза помош преку МИС т.е. неговиот мобилен уред.

### Безбедност на системот

Реализиран е безбедносен систем со повеќе слоеви, каде што безбедноста на податоците се постигнува во неколку различни фази (слоеви). Првиот слој е наменет за автентикација (идентификација), каде што се користи NFC означување за да се идентификуваат пациентите и медицинскиот персонал. Овој слој обезбедува алгоритми за енкрипција, преку кои се воведува заштита на податоците. Овој слој воведува и идентификација на корисникот во рамки на мобилната апликација, доколку истиот сака да пристапи до МИС. Оваа автентикација може да се направи со користење на лозинка, код или отпечаток од прст за идентификација (доколку е достапно на мобилниот уред). Следно, дефинирани се строги граници помеѓу корисничките профили на пациентите преку дефинирање на правилата за кориснички привилегии. Последната фаза е гео-означување, зад кое стои користење на GPS систем за означување на мобилниот уред, така што, медицинскиот

облак систем ја одредува локацијата од каде пациентот или медицинскиот персонал пристапува до облак системот. Користењето на овој модел за безбедност со повеќе слоеви, напаѓачите имаат тешкотии во нарушување на безбедноста на пренесените податоци и податоците кои што се зачувани во облак системот.

### **Организирање, зачувување и анализа на медицински податоци**

Медицинскиот облак систем, од друга страна, се справува со начинот на зачувување и управување со медицинските профили, кои податоци и на кој начин истите ќе се чуваат, кои надворешни уреди ќе генерираат медицински податоци (скенери за магнетна резонанца, САТ скенери и слично) и како мултимедијалните податоци ќе се чуваат. Системот, покрај податоци од медицински установи (болници, фармацевтска индустрија и слично), исто така чува податоци од социјалните мрежи кои што се од медицинска природа. Поради тоа што многу често се случува пациентите да пребаруваат одредени работи на социјалните мрежи или се зачленуваат на одредени социјални медицински групи, сите овие податоци се чуваат исто така во медицинскиот информационален облак систем, каде потоа се анализираат со цел да се подобри медицинското искуство на пациентот. Исто така, социјалните мрежи генерираат огромно количество на информации, истите можат да се искористат за медицински цели. Над овие податоци системот користи алгоритми за анализа и обработка на овие податоци. Откако податоците ќе бидат зачувани во системот, на однапред определен начин и под определени услови, се извршуваат алгоритми за обработка и анализа, каде медицинските податоци интелегентно се обработуваат и се генерираат нови податоци кои треба да им помогнат на корисниците во подобрување на медицинското искуство. Овие алгоритми вклучуваат алгоритми за анализа на слика и видео материјал, алгоритми од невронски мрежи и длабоко учење. Во системот е вклучен нов алгоритам за обработка на медицински мултимедијални податоци, кој е модификација на постојниот конволуциски алгоритам за длабоко учење со длабоки невронски мрежи. Подобрувањето е преку воведување на дополнителен конволуциски слој, користење на податоци со претходна анализа, алгоритам за групирање и класифицирање (трениран и тестиран со Python библиотеки). Сликите кои што се користат за тренирање на алгоритмот се претходно одобрени од медицински лица и класифицирани според тоа дали на сликата може да се констатира дека пациентот има рак или не. Точноста на алгоритмот, исто така, дополнително е потврдена и дискутирана со медицинско лице од Одделот за онкологија.

### **Интелигентен кориснички интерфејс**

Откако веќе податоците се дефинирани и складираани во медицинскиот информационален облак систем, се анализираани и креирани нови податоци, системот треба да дозволи соодветен пристап и приказ на тие податоци преку приспособување на податоците кон корисникот. Бидејќи корисниците претежно пристапуваат преку некој мобилен уред, притоа карактеристиките на мобилните уреди варираат (резолюција, големина на дисплеј, поставеност и сл.), системот користи дополнителни алгоритми за приспособување на овие податоци кон крајниот уред и неговите карактеристики (за да бидат најсоодветно прикажани). Истражувањето понатаму вклучува менување на стандардот за кодирање на одреден мултимедијален податок, така што ќе се намали големината на датотеката, а со тоа побрзо би се пратил до дестинацијата. Дополнително, при одредување на нивото на компресирање на мултимедијалните податоци, се зема во предвид капацитетот на мрежата и, врз основа на истиот, се модифицираат мултимедијалните датотеки. На овој начин, се гарантира одредено ниво на надежност (доколку е бавна мрежата, нивото на компресирање се зголемува и обратно).

### **Ергономска анализа и метрики за квалитет основан на искуство**

Секој електронски систем, кој се воведува како замена за постоечки застарен систем за управување со податоци, често наидува на негодување и не прифаќање од страна на корисниците. Ова најчесто се случува во области како медицината, каде медицинскиот персонал, а особено пациентите, често го одбегнуваат користењето на нов информационален систем, кој треба да ја олесни работата на корисниците. Самата имплементација и користење

на нов систем, многу често се разликува од тоа како истиот е замислен до реална имплементација. За таа цел, потребни се анализи на системот преку анкети врз пациенти и медицински персонал. Анкетите вклучуваат детали околу начинот на користење на системот, неговата употребливост и колку истиот воведува подобрување наспроти претходниот систем. На корисниците им се поставуваат прашања со кои би се анализирало нивното искуство при користење на системот. Резултатот од анализата се користи за промена и приспособување на системот кон барањата на корисниците. Во продолжение се дадени неколку прашања кои што би се вклучиле во анализата на безбеден медицински информационален облак систем:

1. Каков е вашиот пристап до податоците?
2. Какво е вашето искуство со пристап до историјата од медицински наоди?
3. Колкава е точноста на алгоритмите за анализа и обработка?
4. Колкава е точноста на информациите и начинот на зачувување на податоците?
5. Колку се надежни и безбедни податоците на пациентите?
6. Какво е вашето искуство со пристап до податоците во рурални средини?

Бидејќи корисниците не се технички лица од областа на информатичките и компјутерските науки, истите потребно е да се припремат пред да се прават анализите. Корисниците треба да ги знаат однапред прашањата, за да знаат на кои аспекти од системот да се фокусираат и кои делови да ги тестираат.

## 2.1 Цели на истражувањето

Цел на ова истражување е да се реализира нов медицински информационален систем кој ќе ја адресира безбедноста на податоците, како истите се чуваат и како истите се анализираат, со цел да се подобри искуството на пациентите и медицинскиот персонал. Потоа, се прават анализи за начинот на приспособување на овие податоци на барањата на корисниците и како истите да се прикажат соодветно, како би немало грешки во дијагноза. Истражувањето понатаму вклучува анализа на искуството на пациентите со новата архитектура и како истите се задоволни од користењето. Од една страна, се анализираат пациентите кои се директно засегнати од системот и како системот им го подобрува/влошува здравјето. Од друга страна, се анализира медицинскиот персонал и како медицинскиот здравствен информационален облак систем им помага во работата.

Во насока на постигнување на оваа цел, се предложуваат неколку анализи на истражувањето:

- Анализа на новата архитектура, како истата комуницира со периферните уреди (мобилните уреди) и начинот на размена на податоци.
- Анализа и предлог решение за зачувување на податоците и нивно соодветно организирање во облак системот.
- Анализа на постоечки алгоритми и креирање на нов или променет постоечки алгоритам за анализа и обработка на мултимедиски медицински податоци.
- Предлог на нов, интелигентен пристап до мултимедијални податоци, анализирање на капацитетот на системот и приспособување на податоците при различни услови на пристап.
- Визуелен приказ на резултатите од новиот систем при споредба со останати постојни медицински информационални системи.
- Користење и евалуирање на системот од страна на корисници преку однапред познати QoE метрики, анализа на резултатите и приспособување на системот според резултатите од ергономската анализа.

## 2.2 Образложение на работните хипотези и тези

Во оваа докторска дисертација, главна хипотеза е дека предложената архитектура на безбеден мултимедиски медицински информационален облак систем ќе го подобри медицинското искуство на пациентите, а со тоа ќе овозможи подобро, поквалитетно и побезбедно здравство. Ова хипотеза се базира на неколку посебни хипотези. Во продолжение се наведени истите:

Хипотеза 1: Предложениот модел ќе овозможи безбеден пристап до медицинските податоци од страна на NFC-базирани мобилни уреди и соодветно прикажување на тие податоци на мобилниот уред. Пациентите ќе се чувствуваат безбедно да ги споделат своите податоци преку нивниот медицински профил.

Хипотеза 2: Предложениот модел ќе овозможи ефикасен начин на складирање на податоците во системот, притоа „тешките“ податоци (како што се мултимедијалните податоци) ќе ги зачува во оригинален формат, а потоа ќе ги анализира со помош на алгоритми за анализа и проценка на мултимедијални медицински податоци. Овие анализи и процени ќе генерираат нови податоци кои ќе им помогнат на медицинските лица во донесување на точна и навремена дијагноза и терапија.

Хипотеза 3: Откако податоците се генерирани и зачувани во системот, интелегентните алгоритми за приспособување на содржината кон корисникот ќе доведат до соодветно и навремено прикажување на медицинските податоци на докторите, кои потоа, ќе можат брзо и ефикасно да ја одредат дијагнозата.

Хипотеза 4: Ергономската анализа ќе донесе позитивни резултати за тоа како да се промени и приспособи системот, притоа, корисниците да добијат целосно функционален медицински информационален систем, кој ќе можат лесно и едноставно да го вклопат во нивното медицинско искуство.

## 2.3 Научни методи кои ќе се применат

Истражувањето ќе се спроведе користејќи неколку специфични методски постапки и техники на истражување: анализа, класификација, компарација, синтеза, индукција, дедукција и експериментирање.

Најпрво, ќе се анализираат карактеристиките на медицинскиот информационален облак систем, ресурсите со кои располага и целосно искористување на истите. Потоа, ќе се анализираат соодветните постојни методологии и алгоритми за заштита на ваквите системи и колку истите носат безбедност во системот. Потоа, ќе се анализираат новите механизми за безбедност. Алгоритмите за анализа на мултимедијални медицински податоци ќе се класифицираат според нивните предности и недостатоци. Потоа, овие податоци ќе се класифицираат според нивото на ресурси кои им се потребни за извршување и врз основа на тоа дали генерираат нови податоци или само ги верификуваат постојните. Оваа класификација се прави за да може да се избере алгоритам (од постојните) или да се направи синтеза на променет или нов сопствен алгоритам за анализа и генерирање на нови податоци. Исто така, ќе се анализираат постојните алгоритми за приспособување на содржината на корисникот и истите ќе се споредат наспроти алгоритмите за приспособување на медицински податоци на мобилни уреди. Врз основа на добиените резултати од анализите, ќе се синтетизира архитектура на медицинскиот мултимедиски информационален облак систем. Над архитектурата ќе се извршуваат експерименти со постојните и ново создадените алгоритми. Оценката за архитектурата и употребените алгоритми, ќе се изврши со методи на компарација и евалуација (статистички и други методи) и мерењата на одделни (одредени) перформанси на системот.

Методот на индукција и дедукција ќе се користи за заклучување на можности за користење на предложената архитектура.

## 2.4 Очекуван научен придонес

Според целите на истражувањето, главен научен придонес се очекува да биде изградба на ефикасен мултимедиски медицински информационален облак систем кој ќе го подобри здравството на пациентите и работното искуство на медицинскиот персонал. Поконкретно, се очекува предложената архитектура да обезбеди поефикасно здравство, брз и безбеден пристап до податоците, правилен и интелигентен приказ на податоците и точни и брзи медицински дијагнози. Како главен придонес се очекува креирање на ефикасен алгоритам за автоматска обработка и анализа на податоците, кој што ќе може преку длабоко учење, да препознава претходни дијагнози и да предлага нови дијагнози. Овој алгоритам се очекува да им помогне на медицинскиот персонал во навремена и точна дијагноза и лечење на пациентите. Во рамките на овој придонес се очекуваат и следните придонеси:

- Анализа, класификација и оценка на ефикасноста на постојните алгоритми за анализа на медицински податоци и алгоритми за приспособување на содржина кон барањата на корисникот.
- Брз, безбеден и контролиран начин на пристап до податоците, континуирано генерирање на податоци преку сензори од мобилниот уред за здравствената состојба на пациентот и следење на здравјето на пациентите во реално време.
- Реализирање на ергономски медицински информационален мобилен облак систем кој ќе биде приспособен на корисниците, нивните барања, навики и начин на користење.

Очекуваме предложените решенија да дадат препораки за применливоста на истите во зависност од доменот на проблемот, тип на податоците и нивниот волумен.

## 2.5 Примена на резултатите од истражувањето

Реализираната инфраструктура ќе се применува за интелигентно и безбедно складирање, пристап и анализа на медицински податоци во облак. Ова решение може да се имплементира во разни здравствени установи, каде сите податоци ќе бидат зачувани во облак системот, додека пак, пациентите и медицинскиот персонал ќе можат да пристапат од било каде до овој систем за да имаат цело множество на медицински податоци достапни на нивниот мобилен уред. Системот е предвиден да може да ги искористи постојните мобилни уреди, така што, нема да има потреба од набавување на дополнителна опрема за корисниците на системот. Доколку системот се имплементира во повеќе здравствени установи, предложено е решение каде различните установи ќе можат да разменуваат податоци на контролиран начин за своите пациенти, притоа креирајќи партнерство помеѓу истите. Поради тоа што се работи за облак систем и истиот е скалабилен, тоа значи дека по потреба, може да му се додадат ресурси со цел да се задржи квалитетот на услугата.

Извршените анализи, класификации и евалуација на ефикасност на постојните алгоритми за анализа на мултимедиски медицински податоци, како и приспособување на содржината според барањата на корисникот, може да им послужат на другите истражувачи како основа за натамошни истражувања и подобрувања.



### **3 Преглед на достигнувањата на научната дисциплина поврзани со предметот на истражување**

Науката напредува во насока на користење на мобилните уреди како персонализирани средства за пристап до секојдневието и функционирање во модерното општество. Дигиталниот свет и мобилните уреди го прават човекот зависен од нив на повеќе нивоа. Во денешно време, не може да се замисли интегрирање и функционирање во општеството без употреба на мобилни уреди. Почнувајќи од школување и социјализирање со врсниците, учење и изучување на материјалот од курсевите, па се до вработување и заработување, со цел да може човекот да преживее. Покрај основните потреби за живеење во модерното општество, научниците и истражувањата кои што ги прават, се фокусираат на вклопување на мобилните уреди во што е можно повеќе области, како што се медицината и здравството, маркетинг, управување со домот, паметно живеење и слично. Сепак, во последно време се појавува потребата од користење и обработка на мултимедиски податоци, притоа тие може да се генерираат со голема зачестеност (во случај кога се работи за сензор или скенер во реално време). Затоа, предизвикот на истражувањата во последно време е во различните начини на справување со овој тип на специфични податоци.

#### **3.1 Препраќање на податоци на оддалечен (облак) систем**

Мобилните мултимедиски услуги кои се нудат и извршуваат над облак платформа, иницијално можат да го решат проблемот со ресурсите и ефикасното користење на мултимедиски податоци и мултимедиски датотеки. Ова решение, во основа значи, препраќање помеѓу мобилните уреди и облак уредот и нивно зачувување во облакот, [1]. Меѓу првите евидентирани концепциски околинис за мобилни облак услуги се услугите во облак кои се приспособуваат на контекстот (Context-Aware), кои што нудат услуги од типот на дефинирање на контекстот, дополнителни услуги над контекстот и приспособување кон контекстот, [1],[2]. Како што се менува контекстот, апликацијата во облак системот користи дополнителен сервис (услуга) за да се приспособи целиот систем на новата промена. Со користење на мултимедиска архитектура за обработка на податоци во облак, [3], фокусот на многу истражувања се менува и ориентира кон нудење на квалитет на услуга (Quality of Service – QoS) преку предвидување на ресурсите потребни за задржување на квалитетот. Мобилните апликации, кои што користат оддалечена обработка на податоци преку облак услуги, максимално ги искористуваат пресметковните и мемориските ресурси на облак системите и овозможуваат пренос и користење на високо-квалитетни мултимедијални содржини, [4]. Овие апликации се познати како мултимедиски облак мобилни апликации (Cloud Mobile Media - CMM), [4]. Авторите Shaoxuan Wang и Sujit Dey во [5], предлагаат техника на приспособување на рендерирањето на мултимедијалните податоци, чија што техника може динамички да ја менува комплексноста на извршување на задачата т.е. количеството на ресурси кои што ќе бидат потребни за рендерирање на овој начин. Динамичното менување на комплексноста, а со тоа и самите ресурси, може да зависи од мрежните капацитети за комуникација со крајните мобилни корисници и облак системот. Оваа техника директно влијае на бит-ратата на рендерираното видео, кое треба да се врати назад од мобилниот облак до мобилните уреди, проследено со пресметковниот застој т.е. времето потребно да се изврши конверзијата во облакот. Алгоритми кои што рендерираат 2D слики во 3D сцена имаат потреба од слики кои што се преклопуваат делумно со цел да може да се одреди длабочина во сликата, [6]. Алгоритамот креира вектор од точки на 2D сликите, секоја од точките со својата X и Y координата и самата длабочина на сликата. Алгоритамот прави споредба на секоја точка од секоја слика преку споредба на делови од сликата и одредување на сличност со останати делови на сликата, каде што тие две слики се препокриваат. Притоа, со помош на оваа техника на препознавање на точки на преклоп, алгоритамот ја одредува длабочината и ја креира 3D сцената. Ова значи дека, колку повеќе слики што се препокриваат се користат во рендерирањето, толку рендерирањето ќе биде поточно, но, со тоа се зголемува и пресметковната моќ и пресметковното време.

Дополнително, алгоритмите кои што процесираат (обработуваат) видео содржина, мораат да одвојуваат рамка по рамка од видеото, да ја обработат рамката (сликата) и на соодветен начин да ги спојат рамките назад за да го формираат (рендерираат) видео-материјалот. Иницијалниот видео материјал може да пристигне како мултимедиска датотека (веќе снимена) или како видео поток директно од камерата на мобилниот уред, со што ја прави пресметката уште потешка и ќе зазема повеќе ресурси. Проблемот со извршување на „тешки“ пресметковни видео-анализи приспособени на контекстот или 3D моделирање, може да се разреши со користење на мобилно проширување (збогатување) кај облак услугите (Mobile Augmentation Cloud Services - MACS), [7],[8]. Може да се користат постојни решенија за приспособување на содржината, нејзина обработка и конверзија, со цел да се избегне задушување на мрежата, [9]. Ова значи дека, содржината ќе се анализира пред истата да се конвертира, со цел да се оптимизира процесот на нејзино конвертирање и обработка. На овој начин, треба да се избегне потребата корисникот долго време да ја чека содржина, а со тоа, системот може да биде означен како некористен (поради големата латентност т.е. доцнење на услугите).

Мобилните уреди, како платформи за учење на далечина, се сметаат за одлична алатка за размена на мултимедиска содржина за учење помеѓу студенти и наставници, [10]. Некои од предностите на користење на мобилни уреди кај системите за учење се преносливост, учење во реално време, интерактивност и соработка во процесот на мобилно учење (м-учење). Сепак, со цел да ги понудат овие услуги, мобилните уреди се соочуваат со многу ограничувања, како што беше опишано претходно, ограничувања во пресметковниот капацитет, ограничен век на батеријата на уредот и ограничена меморија. Постојните системи за мобилно учење, кои се темелат на традиционалните принципи на учење, во нивната основа го нудат истиот тип на материјал за учење за сите студенти, [11]. Одредено подобрување може да се направи доколку се воведат интерактивно нудење на содржината за учење, притоа, да се користи видео материјал во реално време. Во [12], презентацијата на наставникот од неговото предавање, како видео материјал, е зачувана во приватен облак систем, каде што, студентите преку користење на GPRS/WiFi конекција од нивните мобилни уреди, можат да пристапат до видеата и да ги гледаат и/или преземат на нивните мобилни уреди. Постојните мобилни околинати за учење на далечина, се уште се соочуваат со разни технолошки проблеми и проблеми во нудење на квалитет на услугите, [13]. Најчесто тоа произлегува од различните типови на материјали за учење и немање на соодветни верзии за испорака до студентите. Исто така, како проблем се појавува и комуникацијата помеѓу студентите за размена на информации поврзани со наставата и предметот на изучување, [14]. Исто така, со цел да може содржината од материјалот за учење да биде приспособена според даден контекст, мора да го реши и проблемот со капацитетот на мрежата, а тоа значи, дополнително приспособување на истата и дополнителни пресметковни ресурси, [15].

Постојните системи за интелегентно доставување на мултимедијална содржина основани на пресметки во облак (Elastic Video Endpoint - EVE), нудат динамично предвидување и искористување на ресурсите за нудење на соодветна мултимедијална содржина, [15]. Слично на тоа, големи подобрувања се направени преку воведување на системи за мобилно учење на далечина, со појавата на iCampus (intelligent campus), [16], кој нуди услуги за пренос на приспособената содржина за учење до крајните корисници (студентите). Како и да е, проблемот на истражувањата се фокусира на начинот како да се приспособи содржината, така што, истата да може оптимално да се испорача до студентот. Во истражувањето треба да се земе во предвид дека секој студент има посебен начин на учење и осознавање на материјалот. Во [16], Мауег објаснува како мултимедијалната содржина, како тип на материјал за учење, има напредното во последните години и како истата може да се менува согласно на потребите на студентот. Во [16], се предложува мобилна платформа за учење, која што треба да се приспособува на когнитивната теорија и когнитивните способности на студентот. Предложеното решение е од отворен тип и отворено за дебати и дискусии, притоа главната дискусија се фокусира на дефинирање на когнитивната димензија кај студентите и како истата да се моделира по секој индивидуален студент, со цел да се добие мултимедијална содржина за учење која ќе соодветствува на индивидуалноста на студентот.

Во [16], интеракцијата помеѓу студентите се прави преку социјалните мрежи и форуми. Во [17] се предлага модел за размена на содржина за учење помеѓу облак систем и мобилни уреди на студенти, притоа, содржината се приспособува на типот на содржина кој е најсоодветен за студентот. Во трудот, студентите се делат на текстуален тип на студенти (студенти кои што преферираат учење преку текстуална содржина), студенти кои што учат преку аудио материјали, студенти кои што учат преку видео материјали и студенти кои што учат од мешан тип на материјали (аудио-визуелни проследени со текст). Во [18] и [19] е направена анализа и е креиран модел, кај кој што е даден осврт на студентите и како тие ги користат компјутерските алатки за полесно решавање на проблеми. Во [18] и [19], студентите користат облак системи за комуникација и размена на материјали, идеи и решенија. Во [18] се креираат групи од студенти од различна области на изучување и се анализираат нивните компјутерски компетенции и способност за соработка и работа во тимови преку мултимедиски облак систем.

### **3.2 Медицински податоци и медицински информационален систем**

Управувањето со пациентите и нивните медицински податоци е многу важен процес во здравството и истото директно влијае на здравствениот систем и здравјето на пациентите. Недоволната количина на медицински информации за даден пациент или добивање на погрешни информации, може да го наруши здравјето на пациентите и доведе во лош целокупен здравствен систем, [20], [21]. За подобрување на медицинскиот информационален систем и медицинските закажувања на пациенти, потребен е систем, кој што, ќе може да направи ефикасно управување со времето на докторот и распределбата на пациентите. Ваков систем за закажување на прегледи преку користење на NFC технологија е опишан во [21] и [22], каде, користејќи андроид апликација, пациентите можат да закажат термин за кај одреден доктор. Притоа, системот користи алгоритми за распоредување на пациентите по термини и доктори. Пациентите, користејќи NFC картичка, креираат настан „преглед кај доктор или специјалист“ и внесуваат основи податоци т.е. препораки за време, датум и евентуална итност. Системот пресметува, според одредени параметри, и му прикажува на пациентот кога е распореден за преглед.

Користењето на здравствен информационален систем, поткрепен со мобилни уреди, и можноста пациентите да го имаат своето досие на својот мобилен уред, е предност во медицината кај држави во развој. Преку овој систем, пациентот, покрај тоа што има пристап до сопствените податоци, тој може, исто така, да управува со истите преку менување на начините на пристап и дефинирање на безбедноста на самите податоци, [23], [24]. Пациентот, дополнително може да биде лоциран преку неговиот уред или да повика брза помош преку медицинскиот облак систем. Но, ова претставува дополнителен безбедносен ризик, кој може да се надмине користејќи NFC и „Secure Element“ (дополнителен чип за криптирање) и дополнителна криптографска основа, како што е опишано во [24].

Целиот здравствен информационален систем може да се прошири со дел за „здравство во домот“, каде, пациентите можат да добијат основни здравствени услуги без притоа да ја напуштат удобноста на својот дом. Во [25], опишан е систем, каде, корисниците постојано се поврзани со медицинскиот облак систем за размена на податоци, така што, преку сензори (за крвен притисок, пулс, температура и сл.) системот се ажурира со нови податоци. Ова е особено корисно за возрасни пациенти, кои што не се многу подвижни, притоа се прави домашно постојано набљудување на нивните витални и биолошки параметри, [25], [26]. Потоа, врз основа на познати алгоритми за обработка на овие податоци (нормални граници на движење и споредба со познати маркери), медицинскиот систем може да предложи некој лек или да закаже преглед кај доктор, доколку постои некаква опасност. Поради тоа што, старите и изнемоштени лица се со намален имунитет, овој начин на работа на здравствениот информационален систем ќе го приспособи бројот на посети кај докторите, [27], [28]. Со тоа, постарите пациенти ќе одат на прегледи само во услови на крајна потреба, а со тоа ќе се намали нивната изложеност на бактерии, кои би довеле до дополнителни здравствени проблеми. Системот се дели на три делови: дел за прибирање на податоци, дел за анализа на податоци и дел за здравствени услуги, [29]. Во делот на прибирање на податоци се вклучени сензорите и пациентот, каде, автоматски или рачно се внесуваат симптоми кои што ги

чувствува или кои што ги измерил сензорот. Овие податоци потоа се испраќаат на системот за анализа, каде се проверуваат маркерите и врз основа на овие анализи, системот предложува соодветна мерка (услуга) која пациентот треба да ја преземе (или се предлага посета на доктор), [30], [31].

### **3.3 Безбедносни механизми за размена на медицински податоци**

Со цел системот да може полесно да генерира медицински податоци за анализа, чување и пристап преку Интернет, истиот мора да се справи со безбедноста на податоците, интегритетот и нивната приватност. Најпрвин, онлајн системот за медицинска здравствена заштита треба да ја обезбеди приватноста на податоците на пациентите, поради доверливост помеѓу пациентите и лекарите. Тоа значи дека треба да се воведат заштита на здравствените податоци од неовластено лице, [32], [33]. Недостатокот на ваква заштита, би можело да доведе до несоодветно здравство, додека пак, неовластена и несоодветна промена на овие податоци може да доведе до влошување на здравствената состојба и можна смрт на пациентите. Во [35] и [36], медицинскиот систем е заштитен со користење на енкрипција и дополнителен софтвер за принудена политика за приватност и управување со здравствени профили. Потоа, во [36], системот користи енкрипција за да се реши проблемот на мрежна безбедност. Во [37] и [38], безбедноста на целиот систем е подобрена со користење на NFC и контрола на идентификација (ова го намалува ризикот од манипулација со податоци и го одржува интегритетот на здравствените податоци).

Други системи користат и поинакви протоколи за проверка за безбедност за системи, кои чуваат медицински информации во облак системот. Во [39], авторите користат слоевита безбедност на податоците и ја одржуваат приватноста на податоците преку контрола врз пристапот и дефинирање правила и привилегии за пристап. Покрај тоа, авторите во трудот користат шеми за пристап и дефиниција на улогите на корисниците во системот. Заштитата на облак системот во [40] е поделена во три слоја, притоа, се прави одвојување на клиентите и податоци со меѓу-слој. Овој меѓу-слој е пристапна точка помеѓу корисниците и облакот. Овој слој ги имплементира и спроведува поголемиот дел од протоколите за безбедност со автентикација (идентификација) и авторизација на корисниците во системот. Наспроти користење на NFC, во трудовите [41] и [42], авторите користат RFID начин на воведување на безбедност, каде што, преку автентикација и авторизација се постигнува зачувување на приватноста на податоците и безбедна комуникација со надворешни системи. Во [43], RFID автентикацијата се прави помеѓу облак систем и мобилни уреди.

### **3.4 Приспособување на мултимедиски медицински податоци**

Користењето на мобилни уреди во работата на медицински персонал, може да го автоматизира дел од работниот процес на персоналот, со тоа да им овозможи повеќе време на докторите да се фокусираат на решавање на медицинските проблеми. Во [44], авторите користат амбиентално потпомогнато живеење (Ambient Assisted Living), каде што, постарите лица (пензионери и изнемоштени лица) можат да живеат самостојно во нивните домови со користење на мобилни уреди и сензори за надгледување на нивното здравје и здравствена состојба. Во [44] и [45] користат сензори за надгледување на околината во која што живеат и следење на пациентите преку Global Positioning System (GPS) координати. Податоците од овие сензори се праќаат до централизиран сервер со помош на Raspberry Pi за понатамошна анализа. Доколку здравјето на пациентот се влоши, во тој случај, може да се лоцира пациентот со помош на GPS и да се даде соодветна терапија на лице место. Слично на тоа, во [46] и [47], се користат сензори и мобилни уреди за препраќање на медицински податоци до облак систем (во случајов облак систем Windows Azure платформа), каде податоците се зачуваат во облакот и до нив имаат пристап само одредени корисници. Привилегиите на овие се строго дефинирани (најчесто специјалисти и/или општи доктори). Овие податоци се означени со помош на RFID таг (ознака), за да знае системот на кој пациент се податоците кои што пристигнуваат до облак системот. Дополнително се знае кој во даден момент пристапува до системот, за да може системот да ги дефинира привилегиите кои ги има корисникот, а со тоа да го дефинира нивото на пристап до иситот. Во [48], авторите опишуваат уште еден систем за следење на пациенти

во реално време, на кој, целна група му се пациенти со дијабетес. Овој систем следи, кој пациент колку има инсулин внесено во организмот. Поради безбедност, во овој систем дополнително е вклучена 128-битна Advanced Encryption Security (AES) енкрипција на податоците. Од една страна, домашните медицински податоци може да бидат дефинирани како мемориски „тешки“, додека пак, од друга страна, потребно е следење и анализа на овие податоци во реално време. Затоа, во [48] користат повеќе нивоа на пропуштање на податоците, каде што домашните сензорски податоци се праќаат до локален систем за првостепено следење и набљудување, а потоа, истите симултано се синхронизираат со централниот систем. Во [48] се фокусираат на намалување на латентноста што би се појавила во мрежата при комуникација. Оваа латентност (доцнење) може да се појави и на првото и на второто

Како што веќе беше опишано, повеќето од медицинските системи имаат потреба од многу големи ресурси за зачувување и обработка на медицински информации. Затоа, зад скоро секој од овие системи, стои робуствен и скалабилен облак систем, на кој, мобилните уреди можат да му праќаат податоци за зачувување и анализа. Во [48] и [49] се опишани два системи и начинот на кој пациентите и медицинскиот персонал се поврзуваат со овие систем, во услови кога поседуваат и кога не поседуваат мобилни уреди. Во [50] и [51] се прикажани делови од медицински информационален систем, каде, авторите креираат слој за приспособување на податоците, за да можат истите оптимално да се користат. Во [50], приспособувањето на податоците е фокусирано кон пензионери и постари лица, каде системот им помага во нивните навик преку учење на истите. Во [51], податоците се приспособуваат кон некоја настаната незгода, притоа истите се користат надвор од медицинските установи и најмногу им користат на докторите што работат во брза помош.

### **3.5 Приспособување на податоци и намалување на артефакти при компресија**

Поради тоа што медицинските податоци се осетливи, дури и најмалиот пиксел во слика може да има големо значење во процесот на одредување на дијагноза на пациент (може да биде дијагностицирано како тумор или дискредитирано). Поради тоа, медицинската опрема која генерира мултимедиска содржина (слики и видео), истата ги генерира во неколку различни верзии и секогаш ги зачувува со највисок квалитет и најниска компресија, [52], [53]. Ова значи дека, податоците генерирани од овој тип на опрема заземаат многу мемориски простор на облак системот, каде што истата се обработува и се препраќа до мобилниот уред на крајниот корисник (доктор или пациент).

Теле-медицината е еден од поновите начини на користење на медицинскиот персонал и стручното мислење на експерти ширум светот. На овој начин, експертската анализа и стручното мислење може да се добие од експерти кои не се физички блиску до пациентот, а притоа, анализата да се добие релативно брзо. Поради тоа, во [53] и [54], развиен е систем за компресија на податоци кои што се праќаат од Електроенцефалограм (ЕЕГ) и Електрокардиограм (ЕКГ), за да може брзо и ефикасно да се анализираат од страна на оддалечен систем, [55]. Теле-медицината, исто така, може да вклучи и надгледување на операции и прегледи, каде што, медицинските слики мора соодветно да се испратат, во реално време, до оддалечен сервер. Во [56], медицинските слики од операцијата се испраќаат до надворешни членови во реално време, притоа, авторите на трудот постигнуваат значително забрзување на овој процес со помош на видео компресија.

Бидејќи медицината ги следи стандардите и најчесто се користи најнова опрема за генерирање на мултимедиски податоци, затоа, во [57], го користат последниот видео стандард за кодирање H.264/AVC, со кој постигнуваат кодирање на медицинскиот сигнал со минимално губење на податоци. Друга техника на кодирање се користи во [58], каде видео материјалот од надгледување на пациент се кодира со помош на техника на делење на движењата.

### **3.6 Анализа на медицински податоци преку алгоритми за длабоко учење**

Длабоките невронски мрежи, се повеќе и повеќе, стануваат популарен и ефикасен начин на класифицирање на слики и препознавање на шаблони преку длабоко учење и тренирање на мрежата, [59]. Паралелно со тоа, се користат и други методи, како што се метод

на поклопување со шаблони, [60], Векторски Машини (Support Vector Machine), длабоко учење со ограничен Болцманов алгоритам, автоматски енкодери (Stacked Autoencoders) и длабоки конволуциски мрежи (Deep Convolutional Networks), [61]. Во [62], се користи AlexNet модел, кој наместо да користи пропагирање на грешката назад низ невронската мрежа, авторите користат ненадгледано учење со помош на голема машина за кодирање (sparse autoencoder machine). Со помош на ова кодирање, авторите успеале да го забрзаат процесот на учење и да ја подобрат ратата на успешност на длабоките невронски мрежи до 90.1%. Тестирањето на ова својство на моделот е правено врз Synthetic Aperture Radar (SAR) слики, каде алгоритмот ги дели овие слики во предодредени множества.

Конволуциските длабоки невронски мрежи имаат покажано многу подобри резултати од стандардните не-конволуциски, како што е прикажано во [59], [63] и [64]. Во [64] користат cifar-10 и mnist податочно множество за тестирање и евалуација на стандардните неконволуциски длабоки невронски мрежи. Исто така, во [64] ги имаат опишано параметрите кои ги користат кај стандардните мрежи во процесот на класифицирање на слики. Но, покрај тоа што конволуциските длабоки невронски мрежи се имаат покажано како повеќе ефективни во класифицирање на слики, сепак, поради конволуцијата воведуваат дополнителни процесирања кои што го забавуваат процесот на учење и тренирање на мрежата, што може да доведе во заситување, [65], [66]. Во случај кога се користат SAR медицински слики, кои што се доста големи, може да се случи заситување на мрежата и процесот на тренирање и тестирање никогаш да не заврши. Затоа, авторите во [66] користат Q-просторно длабоко учење, каде со помош на просторна матрица, се намалуваат врските во процесот на учење и се избегнува заситување. Во [67], авторите користат бинарно претходно класифицирање, за да не настане заситување.

Длабокото учење заедно со конволуциските мрежи, многу често се користи за класифицирање на високо-квалитетни слики. Затоа, во [68] и [69] користат активни конволуциски мрежи во склоп со векторски машини, со цел да може слики од канцерогено ткиво да се искористат за одредување на можност за рак. Во [70], се користи длабоко учење за креирање на алгоритам за оптимално прикажување на медицински слики, каде што се користи ненадгледано учење, додека пак во [71] се користи конволуциска мрежа со фактор на доверба (Convolutional Deep Belief Network) за класифицирање на слики од Алцхајмер од томографски скенер.

Соодветно тренирани длабоки невронски мрежи, најчесто имаат потреба од големо податочно множество и приспособување на многу параметри, за да се добијат основни резултати за класифицирање на слики, притоа мрежата да не се презасити. Бидејќи тешко може да се дојде до огромно множество на медицински слики, потребно е користење на други методи за тренирање на мрежата. Затоа, во [72], користат активно учење, со цел да се помогне во процесот на тренирање. Авторите во овој труд користат податоци што се селектираат и се класифицираат пред да почне тренирањето. Дополнително, авторите користат шема на учење во повеќе нивоа (фази), каде што, во секоја фаза се прави различно пред-класифицирање со цел да се избегне заситувањето. За да се намали можноста за заситување на мрежата, авторите во [73] користат делење на сликите на помали делови, со тоа се зголемува множеството на податоци а се намалува можноста за заситување. Но, за да може да се користи овој метод, потребно е податоците да може да се поделат а притоа да не изгубат од нивната тежина. Исто така, во [73], се користи предвидување на количеството податоци што се праќа на секое наредно тестирање, техника која треба да го избегне заситувањето.

Како што веќе беше опишано, пред-класифицирање на сликите е важен чекор за да се намалат пресметките кои што ги прави мрежата. Но, во случај кога се користи алгоритам за класифицирање на слики на пациенти кои што се заболени од рак, класите во кои треба да се сместат овие слики, се класа на слики од пациенти кои што имаат дијагностицирано рак и класа на слики на пациенти кои што немаат. Следен чекор би бил, одредување на пикселите на сликата каде што било одредено дека пациентот може да има рак (доколку сликата е класифицирана во купчето слики на пациенти со рак). Во [74], авторите користат softmax слој за класифицирање, преку кој вршат визуелен приказ на резултатот т.е. означување на

пикселите кај кои било пронајдено можност за рак кај пациентот. Придонесот на овој пристап во [74] е во тоа што, авторите користат RGB слики од ткиво за анализа и детекција.

Сепак, проблемот на класифицирање на „тешки“ податоци и тренирање на истите без презаситување се уште постои. Во [75], авторите користат многу големи и „тешки“ CAD 3D слики од рак на бели дробови за класификација. За да може ова да се постигне, во [75] авторите користат U-Net LUNA 16 означени податочни нодули за да се препраќаат податоците низ мрежата. Тоа значи дека, големата слика се дели на помали делчиња (белодробни нодули) и притоа, истите се претходно означени (класифицирани) од медицинско лице. На овој начин, не се користи целата слика, туку по делови се праќа на мрежата и со тоа се забрзува процесот на тренирање, учење и се избегнува заситување. Од друга страна, сликите можат да се класифицираат во повеќе множества, а не само две множества (има или нема рак). Во [76], користат fluorodeoxyglucose томографија со емисија на позитрони (FDG-PET) со цел да ја откријат T<sub>x</sub> фазата на ракот (временската фаза). Користат 4 класи на класифицирање, од T1 до T4. Како проширување на тоа истражување, во [77], користат два пристапи за класификација на слики од пациенти кои што имаат рак (CAD и FDG-PET), притоа, истражувањето покажува дека во некои случаи, CAD сликите имаат подобри резултати, додека пак во други случаи, FDG-PET сликите имаат подобри резултати.

### **3.7 Ергономска анализа и приспособување кон крајниот корисник**

Креирањето на систем за промена на човековите навики на работа и дома, често знае да биде лошо оценет од крајните корисници. Ова особено се случува кога се прават генерички системи или системи кои што имаат многу малку информации од крајните корисници за нивно реализирање. Многу често се случува, медицинските дигитални системи, да бидат лошо оценети од медицински персонал. Ова се случува поради тоа што, системите, наместо да ја олеснат работата на медицинскиот персонал, истите воведуваат дополнителни работни рутини или целосно го менуваат текот на работа на медицинскиот персонал. За таа цел, во [78] се користат алгоритми за приспособување на содржината кон потребите на корисникот. Но, реализирањето на системот е потпомогнат од ергономска анализа на истиот и користење на квалитет на искуство (Quality of Experience - QoE), со кои параметри, преку прашалник, се оценува ефикасното користење на системот и негово вклопување во работата на корисниците. Дополнително, во [79] и [80] се прават ергономски анализи за тоа како се приспособува видео материјал кон потребите на корисниците, каде што во [80], дополнително се прави анализа на искуството на корисниците. Во [80], се прави анализа на користењето на системот и се мери колкаво е задоволството на корисниците од системот и неговото навремено доставувањето на видео материјал.

Во [81] и [82], авторите прават анализи за персонализиран облак систем и каква би била корисничката перспектива од користење на истиот. Во [82], авторите прават дополнителна анализа на мултимедијалните податоци и приспособување на истите кон корисниците. Облак услугите се анализирани преку QoE параметри и прашалници во [83], [84] и [85], каде што, корисниците се изложени на тестирање на системот, со цел да се осознаат начините и параметрите за креирање на ергономски сервиси кои што ќе воведат минимално оптоварување на крајните корисници, а со тоа полесно вклучување на системите во секојдневниот живот и работна околина. Во [86], [87] и [88] се прави ергономска анализа на видео по барање на корисник (Video on Demand) и како истото да биде приспособено на барањата на корисникот, а притоа, истото да биде испорачано во реално време.

## 4 Размена на мултимедијски податоци помеѓу мобилен уред и облак систем

Мобилната облак пресметковна околина нуди можност за препраќање на различни видови на мултимедијални податоци од мобилните уреди кон облакот, нивна трансформација и враќање на резултатот назад до мобилниот уред. Овие трансформации на мултимедијалните податоци се прават на оддалечен сервер, со цел да се обработат брзо. Со брзата обработка се прави со цел, резултатот, да е достапен до крајниот корисникот во што е можно пократко време. Обработката на овие мултимедијални податоци во мобилен облак систем воведува нови предизвици, кои мора да се надминат. Овие предизвици вклучуваат зачувување на податоците, размена на мултимедијални податоци, приспособување, пренос, рендерирање и враќање на податоците до корисникот. Разрешувањето на овие предизвици, треба да доведе до оптимално искористување на ресурсите на облак системот. Доколку се земе во предвид главната придобивка на пресметки во облак (скалабилност на ресурси) и потребата да мултимедијалните податоци се обработуваат и зачувуваат врз основа на корисничкиот профил, облак системот има доволно ресурси да ги направи овие обработки со минимална латентност (доцнење). Исто така, системот мора да го земе во предвид и контекстот на корисникот, што значи дека треба да се креираат сервиси за адаптирање т.е. приспособување на мултимедијалната содржина по корисник.

Во оваа дисертација се предлага мобилен облак систем за приспособување на содржината, кој овозможува размена на оваа содржина помеѓу него и мобилни уреди. Овој систем овозможува ефикасна размена на мултимедијална содржина од мобилниот облак до мобилните уреди на барање на корисникот, но, истовремено го зема во предвид и контекстот во кој се наоѓа корисникот (условите за комуникација). Мобилните уреди се поврзани со облак системот преку интернет врска, која, во даден момент на пристап може да го смени протоколот за комуникација (WiFi, WiMax, GPRS, EDGE, 3G, LTE and etc.), како што е прикажано на Слика 4-1. Со користење на постојните типови на мрежни комуникациски протоколи, мобилниот уред може да се поврзе на некој од интерфејсите на облак системот и да пристапи до ресурсите на истиот. Овој систем, во себе има механизам на распоредување и управување со задачите кои што пристигнуваат од различни уреди. Преку овие комуникациски протоколи, мобилните уреди кои што генерираат мултимедијална содржина, можат истата да ја испратат на облак системот, да побараат обработка на истата и, преку истиот комуникациски протокол, да го добијат резултатот назад. Најчесто обработката на мултимедиска содржина резултира во нова мултимедиска содржина или користење на алгоритми за препознавање и учење. Овие операции бараат огромни ресурси (пресметковни и мемориски), од каде што произлегува потребата за препраќање на оваа содржина до оддалечениот облак систем. На пример, облак системот може да користи insight3D за генерирање на високо-резулциски 3d слики преку користење на поле од 2D слики. Исто така, облак системите можат да рендерираат и обработуваат поток од видео податоци побрзо и поефикасно од било кој мобилен уред.

Првото тест сценарио кое што го користиме вклучува користење на Android мобилна апликација како посредник, која што го имплементира процесот на делење, приспособување и праќање на мултимедијалните податоци до облак системот. Во второто тест сценарио, користиме Таблет уред со Microsoft Windows 8 апликација, кој ја испраќа обработката на видео содржината до облак системот. Двете тест сценарија се користат за да може да се тестираат различни типови на мобилни уреди (различна големина на екран и кодирање на податоците) и различни апликациски платформи.

Врз основа на потребите на корисникот, овој концепт на обработка на мултимедијални податоци, може лесно да се приспособи на потребите на корисникот т.е. да се земе контекстот во кој се наоѓа корисникот. Контекстот на корисникот се гради врз основа на одредени параметри и нивните вредности кои ги има во моментот на пристап. Првиот чекор во градење на контекстот е во моментот на праќање барање за обработка на мултимедијални податоци од некој мобилен уред до мобилниот облак систем, користејќи некој мрежен протокол за комуникација, Слика 4-1. Потоа, серверскиот дел, кој што служи како брокер на облак системот, го прифаќа барањето од корисникот и го поставува во редица на извршување. Врз



основа на типот на барањето, облак системот може да побара од корисникот дополнителни информации, за да може да го изврши барањето.

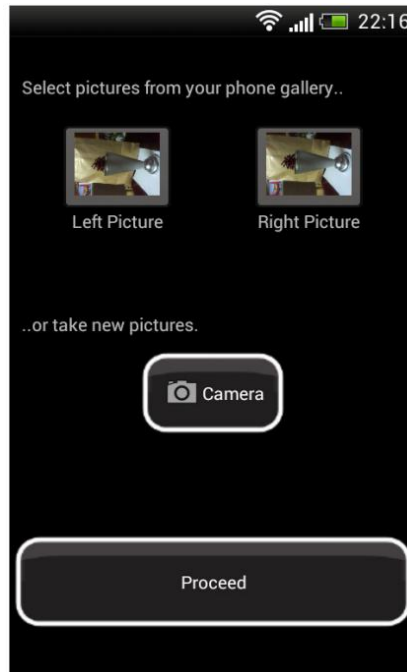


**Слика 4-1 Испорака на содржина помеѓу мобилни уреди и мобилен облак**

Откако обработката на мултимедијалната содржина ќе заврши, започнува процесот на приспособување на содржината според контекстот на корисникот. Откако приспособувањето на мултимедијалните податоци ќе заврши, серверскиот дел од облак системот, го враќа резултатот (новиот модифициран приспособен мултимедиски податок) назад до корисникот преку истиот комуникациски протокол. Со цел да можеме да ја испробаме и оцениме точноста на ваквиот начин на пристап до мултимедиски податоци преку облак систем, користиме алгоритам за генерирање на 3D сцена од неколку 2D слики. Дополнително, користиме OpenCV алгоритми за видео процесирање.

#### **4.1 Генерирање на 3D слики во облак систем**

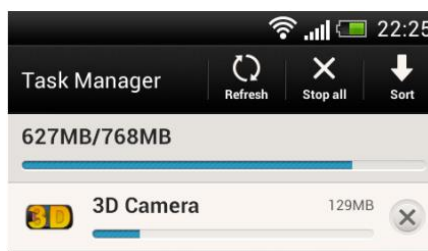
За да можеме да направиме експериментални тест сценарија и да ја провериме работата на предложениот мултимедиски облак систем, земаме две слики од мобилниот уред на корисникот и истите ги врзуваме во мобилна апликација. Оваа мобилна апликација понатаму се врзува со мултимедијалниот облак систем, од каде што ги користи алгоритмите за генерирање на 3D сцена т.е. користи библиотеки од OpenGL за рендерирање на 3D објект. Мобилната апликација ги пакува двете слики и испраќа соодветно барање до серверот за обработка на податоци (ова е мобилниот дел од серверот т.е. делот што се поврзува со мобилните апликации). По обработка на сликите, од страна на облак системот, резултатот (т.е. 3D објектот) се враќа назад до мобилната апликација на корисникот. Мобилната апликација е достапна за Android OS платформа и истата е тестирана на HTC Desire X мобилен уред, кој има 4.0 инчи екран (480 x 800 пиксели), со 5 мега пиксели камера (2592x1944 пиксели), оперативен систем Android OS (верзија 4.0), процесорот е CPU Dual-core 1 GHz и 768 MB RAM меморија. Тестирањето на системот започнува со земање на две слики (доволни се најмалку две слики за генерирање на 3D објект) од галеријата на мобилниот уред или преку сликање во реално време. На Слика 4-2 е прикажан изгледот на апликацијата на мобилниот уред.



**Слика 4-2 Мобилната апликација откако веќе се дефинирани две слики за креирање на 3D објект**

Откако двете слики ќе се дефинираат во мобилната апликација, преку интернет конекција, истите се испраќаат до облак серверот за обработка. Направена е претходната анализа и тестирање на алгоритмот за генерирање на 3D објект од 2D слики локално на мобилниот уред. Времето потребно да се изврши овој алгоритам за генерирање на објектот од само две слики (локално на мобилниот уред) е 2:05 минути. Локалното генерирање на 3D објект (на мобилниот уред) е тестирано и со повеќе од две слики, притоа мобилниот уред не успеа да го заврши конвертирањето од 2D во 3D објект. Од друга страна пак, конвертирањето на овие слики од страна на облак системот траеше само 56 секунди, што е повеќе од двојно намалување на времето на обработка.

Дополнително, треба да се земе во предвид дека, доколку се прави локална обработка на 2D во 3D објект, мобилниот уред во тоа време е неупотреблив за друга намена т.е. скоро 2 минути мобилниот уред е во режим на обработка и ништо друго. Тоа значи дека оваа конверзија ги преоптоварува ресурсите на мобилниот уред (процесор, меморија и батерија). Со користење на апликацијата „Task Manager“ на HTC мобилниот уред, забележавме дека конверзијата и креирањето на 3D објектот зазема 129 MB RAM меморија, [6], прикажано на Слика 4-3. Дополнително забележавме дека, доколку има повеќе детали во сликите, рендерирањето на 3D објектот се усложнува и воведува комплексно управување со сцената и пресметка на длабочина, [7]. Од друга страна пак, при обработка на објектот на облак системот, за времето од скоро 1 минута, мобилниот уред може да се користи и за други намени (додека се чека да се врати резултатот).

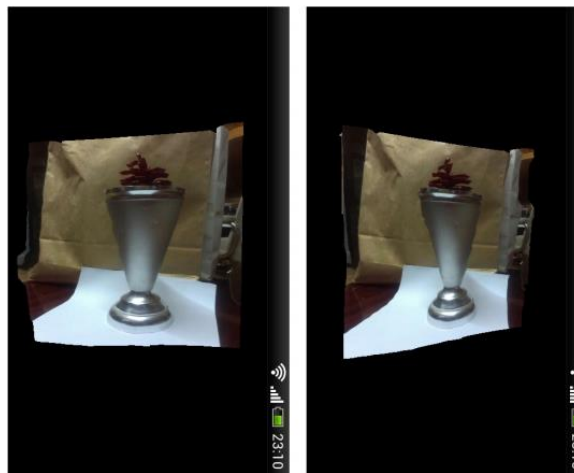


**Слика 4-3 Резултатот од Task manager апликацијата од HTC мобилен уред за искористување на ресурсите на уредот**

Откако ќе заврши обработката на сликата, со помош на 3D Camera мобилната апликација, можеме да го видиме 3D објектот кој што се креира од двете слики. Но, за да може

да се добие и прикаже 3D ефектот на мобилниот уред, правиме ротација на екранот на лева и десна страна и притоа резултатот од тоа се двете слики прикажани на Слика 4-4. На Слика 4-4 може јасно да се види модифицираната длабочина на која се постигнува со мобилната апликација.

Апликацијата 3D Camera за Android платформа, која што ја искористивме во овој труд, користи помалку точки и кориснички информации за да може да ја пресмета длабочината врз основа на само две слики. Со помош на овие параметри, мобилниот уред обработката ја прави за 2 минути, додека пак доколку обработката се прави на оддалечен сервер, времето се намалува за половина т.е. за од прилика 1 минута. Дополнително, за обработката на сервер користиме алгоритам (т.е. insight3d) кој подетално ја пресметува длабочината. Овој алгоритам на серверската страна не е ниту развиен ниту оптимизиран за да се извршува на Android платформа.



**Слика 4-4 Генериран 3D објект т.е. пресметана длабочина од две слики**

Користењето на мобилен облак систем за генерирање и рендерирање на 3D објекти може да се оправда со фактот дека секојдневно се зголемува бројот на корисници кои пристапуваат до системот. Дополнително што, во денешно време, 2D сликите од кои што би се генерирал 3D објектот, се со висока резолуција и дефиниција. Тоа значи дека, во просек, даден корисник може да користи слики со големина од 4МВ. Доколку конекцијата кон облак системот е доволно брза, прикажувањето на двете слики може да биде за помалку од 10 секунди, рендерирањето на објектот (со висока резолуција) за околу 20 секунди, и добивање на резултатот назад на уредот за дополнителни 10 секунди. Сето ова резултира во време на исполнување од 40 секунди по корисник. Но, со зголемување на бројот на корисници, времето на исполнување на барањата се зголемува т.е. покажува полоши перформанси. Поради тоа, се користи облак систем, кој што е скалабилен и лесно може да му се зголемат ресурсите. Од друга страна пак, рендерирање на слики од 4МВ локално (на мобилниот уред) резултира во лоша обработка и креирање на 3D објекти со слаб квалитет. Притоа, рендерирањето на вакви објекти локално трае до 4 минути, и за ова време мобилниот уред е неупотреблив (ги троши ресурсите и батеријата на уредот). Во Табела 4-1 се прикажани различни комуникациски протоколи и начинот на кои истите влијаат на времето на испорака на резултатите кои што се обработуваат во облак систем. Во рамки на ова сценарио, се тестираат три комуникациски протоколи кои најчесто се користат при комуникација на мобилни уреди со надворешни системи. Иако во последните години, 4G и LTE се главни комуникациски протоколи, сепак процентуално претежно комуникацијата се одвива преку 3G протокол. Протоколот за комуникација EDGE, исто така се тестира во ова сценарио, бидејќи е начин на комуникација во рурални средини или средини со слаб сигнал.

Различни комуникациски протоколи резултираат во различни податочни брзини, започнувајќи од најниската брзина на EDGE (околу 384kbps), се до LTE со највисока податочна брзина на пренос (околу 50Mbps). Поради овие разлики во брзината на пренос на

податоци, мултимедијалната содржина има различно време на пренос, кое што корисниците можат лесно да го воочат.

**Табела 4-1 Препраќање на податоци на оддалечен облак систем со различни протоколи на комуникација**

Комуникациски протокол	Време на испорака
EDGE	1:32 минути
3G	1:06 минути
LTE	0:48 минути

## 4.2 Препраќање на видео содржина на оддалечен облак систем

Второто тест сценарио вклучува препраќање и обработка на видео содржина на оддалечен облак систем, каде што, содржината се препраќа од таблет уред, кој што ја има улогата на мобилен уред. Во ова сценарио се користат OpenCV алгоритми за обработка на слика и видео. Најпрво, се прави обработка на видеото на самиот уред т.е. таблетот. Потоа, како втор дел од тестирањето, оригиналното видео се препраќа на оддалечен облак систем, каде се прави слична обработка како и локалната на уредот. За препраќање на видеото на облак системот се користат истите протоколи за комуникација како и претходно (WiFi, EDGE, 3G и LTE). Алгоритмите од OpenCV изолираат рамка по рамка и на секоја рамка додаваат временска марка, притоа, назад го креираат видеото со додадени временски марки. Локалната обработка на видеото трае околу 2:23 минути, додека пак, средното време на обработка на облак системот е околу 2:06 минути. Мобилниот облак уред чека барања од мобилни уреди за извршување. Самиот облак систем има два интерфејси, притоа, преку едниот прави обработка на слики а преку другиот обработка на видео содржина. Секој еден од интерфејсите креира нов процес во системот, така што, барањата можат паралелно да се извршуваат и да се намали времето на обработка. Секој еден од процесите добива определено количество на ресурси, кое што, управувачот со ресурси на системот одредува колку ќе добие секој еден од процесите. Резултатите се прикажани во Табела 4-2.

**Табела 4-2 Препраќање и обработка на видео содржина со различни комуникациски протоколи**

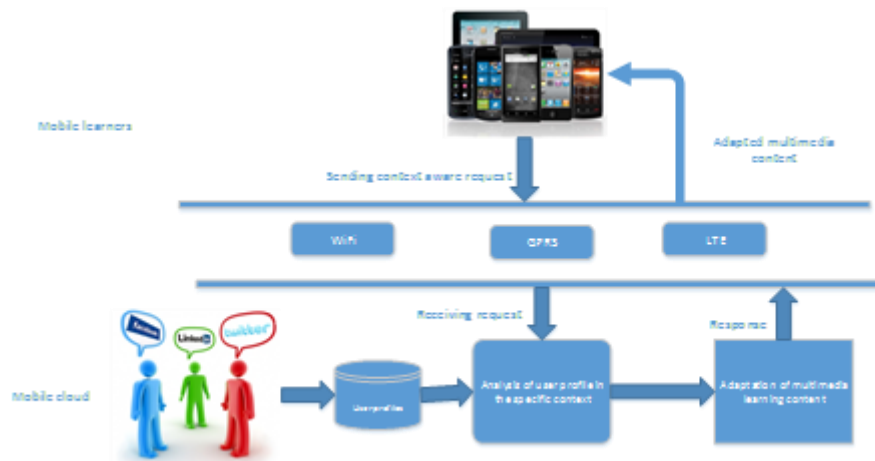
Комуникациски протокол	Време на испорака
Offline	1:47 минути
WiFi	1:29 минути
EDGE	1:32 минути
3G	1:06 минути
LTE	0:48 минути

### 4.2.1 Приспособено на податоци за електронско учење

Земајќи ги во предвид предностите на обработка во облак, овој систем за испорака и обработка на мултимедиска содржина ги надминува постојните решенија и предлага нови начини на приспособување на овој тип на содржина на барањата на крајниот корисник. Во овој случај, системот прави приспособување на содржината за учење кон крајните корисници (студентите). Архитектурата на ова предложено решение е дадена на Слика 4-5.

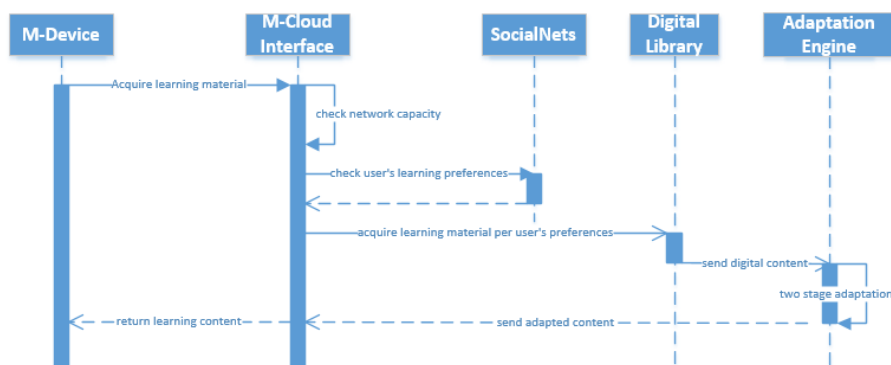
Во ова решение се предлага, сите барања за обработка и зачувување на тешки мултимедиски податоци, да се прават на оддалечениот облак систем. Тоа значи дека, материјалите за учење ќе се чуваат и до нив ќе се пристапува преку облак системот. На овој начин, ќе се користи скалабилен систем за пристап и приспособување на содржина за учење кон барањата на корисникот. Приспособувањето кон корисникот се прави, така што, се

дефинираат параметрите на корисникот преку дефинирање на неговите преференции, и содржината за учење се приспособува кон овие параметри. Овие параметри се дефинираат при интеракција на корисникот со системот, притоа, наведува начини на студирање и тип на материјали кои што ги користи. Паралелно со тоа, системот за приспособување врши постојано надгледување на мрежната комуникација со корисникот и прави приспособување на содржината според капацитетите на мрежата, во дадениот момент на пристап. Тоа значи дека, системот е свесен за застоите во мрежата и доколку капацитетот на мрежата е помал, тогаш се испраќа компресиран мултимедијален податок. Мултимедијалните податоци се испраќаат на делот за приспособување на истите, прикажан на Слика 4-5.



**Слика 4-5 Архитектура на систем за пренос на мултимедиска содржина во мобилен облак систем**

Со цел да се намали времето потребно за испорака на резултатот од облак системот назад до корисникот, системот прави анализа на параметрите на мрежата (како што се доцнење, губење на пакети и различно време на пристигнување на пакетите). Со оптимизирање на овие параметри може да се намали времето за испорака и да се гарантира одреден квалитет на услугата (Quality of Service - QoS).



**Слика 4-6 Секвенциски дијаграм за размена на пораки помеѓу објекти од архитектурата**

Испораката на мултимедијална содржина може да биде динамичен процес, кој што, дополнително се усложнува со постоењето на различни мобилни уреди (со различни карактеристики и ресурси). Во случај, кога имаме материјали за учење на оддалечен сервер, овие материјали се поставуваат од страна на учителот на предметот кој се изучува, додека пак, до нив треба да пристапат учениците/студентите. Студентите го креираат својот профил во рамки на системот преку внесување на нивните преференции или начини на учење, така што, даваат повратна информација назад во системот. За да може да се креира ефикасен систем за учење кој ќе го зголеми квалитетот на учењето (Quality of Learning - QoL), потребно е да се воведо континуирано надополнување на корисничките профили со параметри за конкретниот ученик. Ова надополнување на параметрите може да се изведува од различни места (на

пример, од социјалните мрежи може да се добие информација дали ученикот претежно содржините што ги гледа се текстуални, мултимедијални или комбинација од двете). Ова е прикажано во долниот дел на Слика 4-5, каде што профилот на ученикот се надополнува со податоци од социјалните мрежи. Како што веќе е опишано, корисничките профили припаѓаат во три главни групи и тоа: аудио, визуелен или комбиниран начин на учење. На Слика 4-6 е прикажан секвенциски дијаграм за пристап до системот и начинот на комуникација со објектите на истиот. Има разни начини на профилирање, опишани во [10], каде што користат онтологиски веб јазик (Ontology Web Language - OWL) и RDF/XML формат на комуникација за да се добијат информации за корисникот и неговите преференции. Онтологискиот јазик може да се искористи за да се дефинира групата на која што припаѓа профилот на корисникот (ученикот), односно дали е индивидуалец, дали припаѓа на канонична група, експлицитна, краткотрајно или долготрајно групирање.

Во нашиот случај, корисникот може да припаѓа на повеќе профилирачки групи, притоа OWL може да помогне во дефинирање и опис на врските помеѓу различните групи и ученици и начинот на кој истите можат да се групираат за пристап до податоците (дефинирање на мрежни карактеристики, тип и начин на пристап до материјалите за учење и слично). Содржината за учење, во овој случај, се приспособува кон ученикот во два чекори. Во првиот чекор се користат преференциите на корисникот за одбирање на соодветниот тип на материјал за учење (аудио, визуелен или комбиниран), додека пак во вториот чекор, се приспособува содржината кон начинот на пристап и конекцијата до системот (правила на пристап, мрежни карактеристики и слично). Првиот чекор се моделира според OWL како долготрајно групирање, каде што, ученикот не ги менува често овие карактеристики туку само постепено ги надополнува (по потреба). На Слика 4-7 е прикажан пример за ученик Александар Александровски, кој што е во неговата трета година на студии и неговите преференции на учење се преку визуелна содржина. Вториот чекор, според OWL, е дефиниран како краткотрајно групирање, каде што карактеристиките на профилот се менуваат многу често во краток временски период, бидејќи истите зависат од моменталниот начин на пристап до системот (моменталната конекција и тип на мобилен уред). На Слика 4-7 е прикажано ова профилирање, каде што, ученикот пристапува преку тип на мрежа “#Net1”, датум на пристап “2016-03-12T10:07:12.114z”, притоа предметот од кој бара визуелна содржина е дефиниран како “#dataBaseIntro”.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:mlearn="http://www.m-learn.org.mk/students#"
  xmlns:base="http://www.m-learn.org.mk/students">
  <rdf:Description rdf:ID="Net1">
    <mlearn:hasName>WiFi</mlearn:hasName>
    <mlearn:typeData>All</mlearn:typeData>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:ID="student1">
    <mlearn:hasName>Aleksandar Aleksandrovski </mlearn:hasName>
    <mlearn:yearOfStudy>3</mlearn:yearOfStudy>
    <mlearn:mlearnerType>visualizer</mlearn:mlearnerType>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:access="172346350">
    <rdf:whoAccessed rdf:resource="#student1"/>
    <rdf:netType rdf:resource="#Net1"/>
    <rdf:dateTimeAccess>2016-03-12T10:07:12.114z</rdf:dateTimeAccess>
    <rdf:subject rdf:resource"#dataBaseIntro" rdf:lesson="03"/>
  </rdf:Description>
```

Слика 4-7 RDF/XML пример за пристап до системот за учење

### 4.3 Евалуирање на квалитетот на мобилно учење преку искуство

Во рамки на мобилниот облак систем се прави дополнително оптимизирање на начинот на испорака на содржината за учење преку интеракција со корисниците во реално време. Оваа интеракција креира околина за соработка и приспособување на содржината за учење кон барањата на учениците, притоа, како параметри ги дефинира содржината и типот на пристап до истата, различниот когнитивен склоп на ученикот кон мултимедијална содржина за учење.

Авторот Мауер во [15],[16] опишува како мултимедијалната содржина за учење еволуирала во последните две декади и предлага начинот на припремање на курсевите, како што истите би биле заосновани на когнитивната теорија. Предложениот модел е отворен за дискусии и дебати и често е подложен на дебати за прашањето: како да се измери когнитивната димензија на индивидуалниот ученик со цел да може да се испорача мултимедијална мобилна содржина за учење која што ќе одговара на пренос на знаење во училишта. Корисничката интеракција помеѓу учениците се постигнува преку социјалните мрежи или преку форуми дефинирани во системот.

Како и да е, мерењето на квалитетот на услугата (QoS) дефинирана преку навремената испорака загарантирана од мрежните карактеристики не е доволно за да се оцени квалитетот на испорака на содржината за учење. Квалитетот на искуство (Quality of Experience - QoE), е чест параметар, кој се користи за генерален критериум за квалитет на услуга од аспект на крајните корисници (ученици) и најчесто претставува мултидимензионален субјективен концепт, кој тешко може да се дефинира и евалуира [79]. Врската помеѓу QoE и QoS не е тривијална и немерлива. Врската помеѓу овие два параметри претставува вистински предизвик за истражување и анализа на факторите кои што влијаат на перцепцијата на крајниот корисник, за тоа, како тој го дефинира квалитетот на услугата. Истражувањето претставено во овој дел е само почетен чекор во насока на откривање на врските помеѓу QoE и QoS.

За анализа на QoE параметарот, предлагаме променет и приспособен прашалник за предметот на изучување „Бази на податоци“, притоа, прашалникот е приспособен и заоснован на прашалникот во [89]. Во овој прашалник се вклучени 90 корисници со мобилни уреди кои имаат пристап до мобилниот облак систем за испорака на содржина за учење. Учениците (корисниците) на системот беа запознаени со предложениот модел за евалуирање на QoE параметарот уште пред почеток на курсот. Со запознавање на корисниците со QoE моделот, тие добиваат информација на што да се фокусираат за време на студирањето и кои аспекти од системот да ги анализираат. На овој начин, може да се скратат некои од димензиите на мултидимензионалниот модел и да се насочи испитаникот кон конкретниот систем. Учениците, на почеток на курсот добиваат пристап до материјалите од предметот, кој ги опфаќа областите од моделирање со помош на Ентитет-Асоцијација, UML моделирање и управување со SQL прашања и класи. По завршување на курсот, учениците го пополнуваат прашалникот кој е фокусиран на дефинирање на квалитетот на искуство (QoE) со системот и начин на преземање на содржина за учење од облак систем. Прашалникот е прикажан на Слика 4-8.

Прашалник за учење преку испорака на содржина од облак систем:

- Q1 ) Каков формат на приказ (опис) на Бази на податоци преферирате?
  - 1) Параграф (текстуален) приказ
  - 2) Графички приказ со помош на дијаграм
  - 3) Видео приказ како комбинација на графика и текст
- Q2 ) Кој формат го преферирате за учење на SQL и поставување на прашања?
  - 1) Текст кој што објаснува како се пишува прашањето и што се случува кога ќе се изврши SQL наредбата
  - 2) Означен дијаграм каде што се прикажува статусот при секое извршување на прашње
  - 3) Дијаграм придружен со текстуален опис
- Q3 ) Кој формат го преферирате за опис на процесот на моделирање на Ентитет-асоцијација моделот и/или UML?
  - 1) Аудио насоки кои вклучуваат и насоки за текот на цртање
  - 2) Мапа која покажува како се цртаат ентитетите, врските и како истите се поврзани
  - 3) Видео насоки кои го опишуваат процесот чекор по чекор со цртање и поврзување



Q4) Кој формат го преферирате при учење на агрегација на податоци со помош на SQL команди?

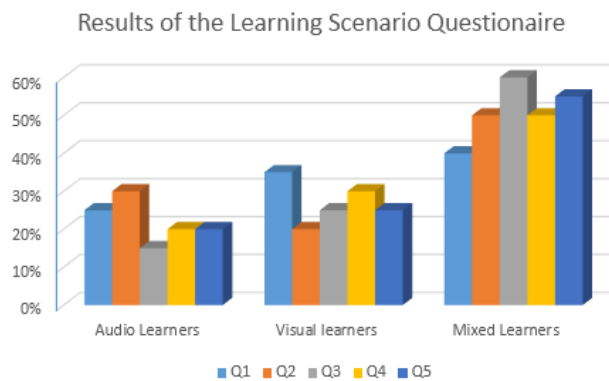
- 1) Текстуална листа на зборови и текстуален опис
- 2) Дијаграм со прикажување на чекорите
- 3) Анимирана презентација придружена со пример табели и резултатот од агрегацијата

Q5) Кој формат го преферирате за опис на резултатот од извршување на SQL прашањата?

- 1) Листа од резултатни табели
- 2) График или дијаграм
- 3) Чекор по чекор графичка презентација на резултатот придружена со текст

**Слика 4-8** Прашалник за учење преку испорака на содржина од облак систем

Резултатите од прашалникот, каде што беа анкетирани 90 корисници на системот, се прикажани на Слика 4-9. Евалуацијата е правена, така што, секој корисник индивидуално одговара на прашањата, притоа, одговарањет го прави по завршување на курсот преку самиот систем т.е. преку форумот на системот. Форум на системот е поставен со цел да можат учениците да разменуваат искуства, материјали и да комуницираат во врска со курсот.



**Слика 4-9** Резултати од прашалникот за квалитет на услуга

Од резултатите може да се види дека, поголемиот дел од учениците преферираат комбиниран начин на учење т.е. преферираат да учат од графички материјали придружени со текстуално објаснување. Високите резултати што произлегуваат кај комбинираното учење кај прашање 3 потенцира дека, учениците кои што преферираат комбинирано учење, исто така преферираат да добијат визуелни инструкции за моделирање на Ентитет-асоцијација дијаграмот и UML. Слични преференци од учениците кои што преферираат комбинирано учење (поврзани со прашање 2 од прашалникот) кажуваат дека корисниците на системот преферираат означени дијаграми.

#### **4.4 Придобивки од електронско учење и развој на компјутерски компетенции**

Компјутерските компетенции вклучуваат квалитетно и критично користење на придобивките од компјутерските технологии (Information Society Technologies - IST) за работа, учење, секојдневно користење и комуникација. Тие се поткрепени со основни компјутерски вештини и користење на компјутерот за пристап, зачувување, генерирање, презентирање и размена на информации. Компјутерските компетенции, исто така, вклучуваат и комуникација, учество и соработка со општества преку интернет, [18]. Компјутерските компетенции се поврзани со голем дел од потребните вештини на 21 век, притоа, се очекува, голем дел од овие вештини да бидат совладани од сите граѓани на едно модерно општество, со цел да може граѓанинот ефикасно и активно да се вклучи во општеството и да напредува.

Компјутерските компетенции (вештини) се дефинираат како едни од осумте клучни вештини за долговечно активно вклучување во било кое општество, (Ala-Mutka, 2011). Со



познавање на компјутерските вештини се добива можност за развој и на други вештини, [19]. Развојот на компјутерските вештини треба да биде дефиниран како континуиран процес од осново компјутерско познавање до напредни компјутерски вештини. Почнувајќи од 2013, DigComp е користена како платформа за вработување, едукација, тренирање и доживотно учење. Брзиот развој и промена на различни аспекти на дигитализацијата поставува нови барања за познавање на компјутерскиот свет и развој на нови компјутерски вештини, па од таму произлегува потребата од креирање на нова верзија на платформата т.е. DigComp 2.0, (Vuorikari et. al, 2016). Во насока на Kluzer, Riso-la, 2015, се предлага модифицирана (приспособена) табела на дигитални области и дигитални вештини, кои што, одговараат на потребите на нашите ученици и истата е прикажана на Табела 4-3. За секоја една вештина дефинирана во табелата, дополнително се идентификувани и прикажани низа од поврзани вештини со истата.

**Табела 4-3 Модифицирана листа од компјутерски вештини**

<b>1 Информации и обработка на податоци</b>	<b>2. Комуникација</b>	<b>3. Креирање на содржина</b>	<b>4. Социјални медиуми</b>	<b>5. Педагошки аспекти</b>	<b>6. Моделирање на податоци</b>
<p>1.1. Пребарување, прелистување и филтрирање на информации</p> <p>1.2. Евалуирање на информации и податоци</p> <p>1.3. Зачувување и пристап до информации и податоци</p>	<p>2.1 Интеракција преку дигитални технологии</p> <p>2.2. Размена на информации и содржина преку дигитални технологии</p> <p>2.3 Вклучување во општеството преку дигитални технологии</p> <p>2.4 Соработка преку дигитални технологии</p> <p>2.5 Интернет етика</p> <p>2.6 Управување со дигиталниот идентитет</p>	<p>3.1 Развој на содржина</p> <p>3.2 Интегрирање и дообјаснување</p> <p>3.3. Лиценци и авторски права</p> <p>3.4 Програмирање</p>	<p>4.1 Учење и размена на информации</p> <p>4.2 интеракција помеѓу корисници и корисник со група</p> <p>4.3 приспособливи кориснички профили</p>	<p>5.1. Приказ на содржина</p> <p>5.2. Приспособување на содржина</p> <p>4.3. Алатки и техники</p> <p>4.4. Повратна информација</p>	<p>6.1. UML</p> <p>6.2. ER</p> <p>6.3. DFD</p>

Во рамки на Универзитетот, за време на вториот циклус на студии (магистерски), секој курс бара, учениците да направат развој, усовршување и надградување на нивните компјутерски вештини, за да можат активно да ја следат и завршат програмата на курсевите: Напредно моделирање на податоци, Мултимедија и дизајн, Бази на податоци, Управување со информациони системи, Учење на далечина, Сајбер безбедност, Дигитална економија и Е-менаџмент.

#### **4.5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ И АНАЛИЗА НА КОМПЈУТЕРСКИ ВЕШТИНИ**

Целта на ова истражување е правење на анализа на пристапот на одредена група на ученици кон начинот на учење и совладување на материјалот на курсот, притоа, во истражувањето се вклучени ученици кои што доаѓаат од различни додипломски студии. Во ова истражување се прави анализа на нивниот став кон компјутерските алатки и различните

вештини кои што ги поседуваат. Ист така, се анализира како овие вештини ќе ги искористат за да завршат одредена задача зададена за време на курсот. Во групата се вклучени ученици инженери и бизнис ученици, притоа, се анализира начинот на користење и изборот на компјутерски алатки во процесот на учење за време на курсот и пристап до податоци кои што се надвор од материјалот на курсот. Бидејќи студентите се запишани на магистерски студии, тие веќе се дипломирани студенти кои што активно работат во различни делови од стопанството, па затоа, нивниот резултат може да биде измерен од различни аспекти.

Ова истражување беше направено со ученици од магистерски студии запишани на курсот “Менаџмент на информации системи”, со 110 студенти (во период од четири години од 2009 до 2012 година). Повеќето од студентите (56%) беа студенти кои што дипломираше во областа на Бизнис и менаџмент, додека пак, останатите 44% беа дипломирани компјутерски инженери. Нивна задача беше да решат проблем на моделирање (најчесто поврзано со нивната работа), кое требаше да вклучи комуникација со клиенти, управување со проекти и моделирање на информациите. Решението на проблемот варира поради различните компјутерски компетенции кои што ги поседуваат учениците. Во овој случај, учениците требаше да користат Unified Modeling Language (UML) како јазик за моделирање и Microsoft Visio (OpenOffice Draw), Microsoft Office (OpenOffice) и Microsoft Project како софтверски алатки.

Најпрво, тие треба да го претстават описот на проблемот т.е. самиот проблем преку зборови и текст, а потоа, да го моделираат истиот со помош на софтверските алатки. По презентирање и моделирање на проблемот, учениците требаше да го претстават проблемот (преку визуелниот модел) пред нивните колеги на работа. На крај, учениците требаше да користат софтверски алатки за моделирање на предлог решение за проблемот. По завршување на курсот, учениците требаше да пополнат анкета за нивното искуство со софтверските алатки и колку тие им помогнале во процесот на дефинирање, презентирање и решавање на проблемот. Прашалникот е прикажан на Слика 4-10 и е во складност со Табела 4-3.

1. Кое е вашето моментално ниво на познавање на компјутерските вештини за следниве алатки (одговори со: основно, просечно, или напредно)?
  - a. UML (MS Visio/OO DRAW)
  - b. MS PowerPoint / OO Impress
  - c. MS Project
2. Кое беше потребното ниво на познавање на следниве софтверски алатки за решавање на вашиот проблем?
  - a. UML (MS Visio/OO DRAW)
  - b. MS PowerPoint / OO Impress
  - c. MS Project
3. Колку, познавањето на компјутерските вештини, ви помогна за комуникација со колегите на работа и презентирање на проблемот и решението? (доколку 1 е исто како и без вештини, 10 е исто како и професионално познавање)
4. Колку, познавањето на компјутерските вештини, ви помогна за комуникација со клиентите при презентирање на проблемот и решението? (доколку 1 е воопшто не помогна, 10 е одлично помогна)
5. Колку, познавањето на компјутерските вештини, ви помогна за презентирање на проблемот и решението за време на час? (доколку 1 е воопшто не помогна, 10 е одлично помогна)
6. Колку ви помогнаа компјутерските вештини со вашиот проект и управување на ресурси со помош на алатката MS Project? (1 воопшто, 10 многу)

**Слика 4-10** Прашалник за моменталниот и потребен степен на познавање на компјутерските вештини

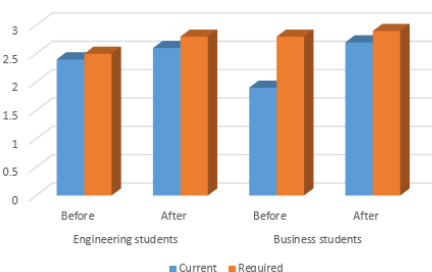
Резултатите од прашалникот се презентирани во Табела 4-4. По анализата на прашалникот и презентацијата на учениците за време на курсот, студентите со инженерска позадина покажаа подобри компјутерски и софтверски вештини отколку бизнис учениците, како што беше очекувано. Но, инженерите покажаа лоши резултати во претставување на

проблемот пред колеги кои што не се инженери и клиенти. Презентацијата на проблемот од страна на инженерите беше повеќе наменет за инженери со фрази и термини кои што не се препознатливи од страна на клиенти и колеги кои што не се инженери. Од друга страна пак, бизнис учениците потрошија повеќе време при запознавање со софтверските алатки, софтверските пакети и процесот на моделирање. Софтверските инженери покажаа ниско ниво на управување со проектите и со ресурсите, за разлика од бизнис учениците, кои, и покрај ниското познавање на софтверската алатка MS Project, сепак покажаа подобри проекти и управување со ресурсите на истите.

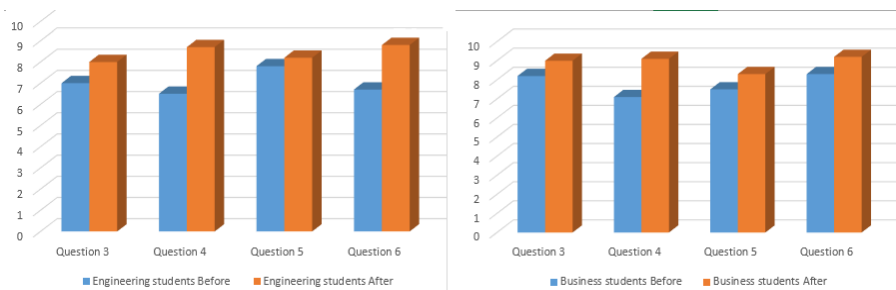
**Табела 4-4 Резултати од приспособениот прашалник**

	Инженери	Бизнис
Прашање 1 (1..3)	2.4	1.9
Прашање 2 (1..3)	2.5	2.8
Прашање 3 (1..10)	7.0	8.2
Прашање 4 (1..10)	6.5	7.1
Прашање 5 (1..10)	7.8	7.5
Прашање 6 (1..10)	6.7	8.3

Како што може да се види од Табела 4-4, студентите одговараа со вредност 1, 2 или 3 на првите две прашања, со кои кажуваат колкаво е нивното ниво на компјутерски вештини (почетно, просечно, напредно). Инженерите имаат помал напредок во нивото на познавање на компјутерските алатки, поради тоа што, тие од почеток имаат високо познавање на истите и се запознаени со нив за време на нивното студирање. Бизнис учениците имаат повеќе напредок, поради тоа што, голем дел од овие ученици поседуваа само основно познавање на алатките. По првата презентација за време на курсот, студентите беа групирани во групи од двајца, каде што, едниот ученик беше инженер, а другиот бизнис ученик. Овие групирања се направени со цел да се види начинот на кој учениците ќе соработуваат при решавање на заеднички проблем. Слика 4-11 и 4-12 ги прикажуваат резултатите пред и по креирање на групите.



**Слика 4-11 Резултати од компјутерските вештини пред креирање на интердисциплинарните групи**



**Слика 4-12 Резултати од компјутерските вештини по креирање на интердисциплинарните групи**

Слика 4-12 покажува како, групирањето на овој начин, го зголемува нивото на компјутерските вештини и брзо приспособување на истите кон решавање на проблемот. Исто така, по групирањето, се гледа дека моменталното познавање и посакуваното познавање на компјутерските вештини, се скоро идентични.

## 5 Медицински здравствен информационен систем

Здравствениот информационен систем е целосно интегриран систем за пресметки во облак за следење, анализирање и чување на медицински податоци за пациенти и медицински персонал. Користејќи ја NFC технологијата, корисниците можат да се автентифицираат во системот користејќи NFC идентификатор или NFC ID. Корисници можат да бидат пациенти, медицински персонал или надворешни агенти кои имаат потреба и дозвола за користење на медицинските податоци на системот (фармацевтски компании, агенции за трансплантација, Центар за Контрола на Болести или приватни клиници). Секој корисник, користејќи го неговиот мобилен уред, добива пристап до системот според дозволата што му/и е дефинирана, притоа, може да изврши некоја наредба (ажурирање на податоци, преземање на податоци, тестови или анализи). Од друга страна, системот комуницира со медицинска опрема (скенери, кардиограми, апарати за мерење крвен притисок и т.н.) преку жичана или безжична мрежна комуникација. Системот, исто така, комуницира со надворешни сензори и фармацевтски системи за размена на информации, кои што, им се потребни на пациентите. На Слика 5-1 е прикажан концептот на здравствениот информационен систем.



Слика 5-1 | Архитектура на здравствениот информационен систем

Медицинскиот информационен систем има вграден дел за анализирање на медицински податоци, кој што врши пресметки врз податоците, со цел, да донесе некаква автоматска дијагноза. Оваа дијагноза се донесува врз база на анализа на вредностите наспроти познати маркери (граници на нормала) и се одредува дали има некаква аномалија во здравјето на пациентот. Исто така, овој дел од системот користи алгоритми за анализа на рендгенски снимки, кои што, ги означуваат деловите каде би можело да има фрактура. Дополнително, системот може да се прошири со алгоритми за анализа на електрокардиограм (ЕКГ) и препознавање на нерегуларности во работата на срцето. Исто така, системот може да се поврзе со надворешни сензори за квалитет на воздух и да се следат астматичните пациенти, на тој начин што, ќе им се нудат совети кои делови од градот се најзагадени и да се избегнуваат. Доколку фокусот во системот се стави на астматичните пациенти, тогаш, системот може да креира траекторија на движење на пациентот (каде може безбедно да се движи) и да даде совети во кои делови има зголемен процент на напад на астма (кои делови од градот, колкава е загаденоста и колкав е ризик факторот).

### 5.1 Корисници на системот

#### Пациентите како корисници на системот

Здравствениот информационен систем е изграден и насочен кон пациентите, така што, сите акции кои што можат да се преземат во системот, се со цел, да го подобрат здравјето на пациентите и целокупниот здравствен систем. Секој пациент, кој што е дел од системот, има своја NFC картичка, која што може да се користи во три режими на работа. Дополнително, NFC картичката може да се конфигурира да чува податоци за состојбата на пациентот, податоци кои што се од витална важност во случај на незгода. Како податок се чува крвна група, алергии, третмани кои треба да се дадат или кои треба да се одбегнат и неодамнешни лекови. Поради ограничената меморија на NFC картичката и бавниот трансфер на податоци

преку NFC, [32], може да се чуваат од 10 до 15 последни дијагнози и медицински наоди. Овие податоци се од особена важност за брза помош, каде, преку едноставно читање на податоците од NFC картичката на пациентот, може веднаш да се пристапи до овие податоци.

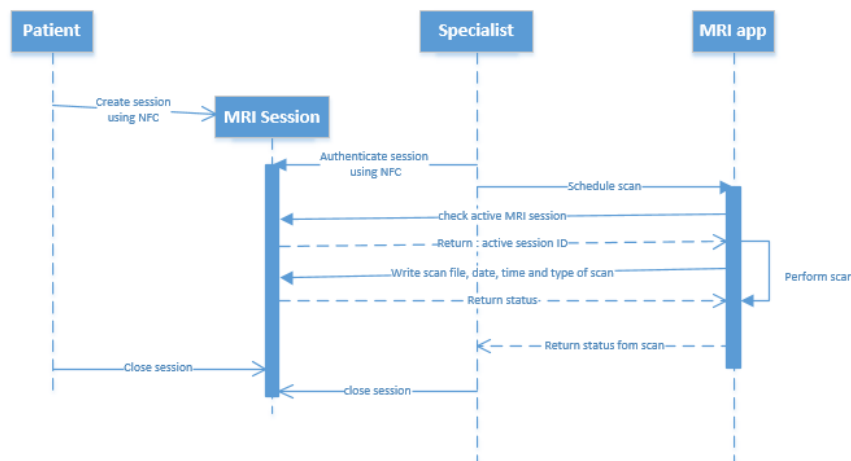
### Медицински персонал како корисници на системот

Докторите, медицинските сестри, специјалистите и хирурзите можат да го користат здравствениот информационен систем преку нивните NFC мобилни уреди, преку кои, можат да ги внесуваат податоците од анализите, медицинските тестови и дијагнози. Докторите, можат да пристапат до медицинското досие на пациентите, но, само до сопствените (однапред доделени) пациенти (предефинирано, докторите не можат да пристапат до било чие медицинско досие). Доколку пациентот има потреба од дополнително специјалистичко мислење, самиот пациент, на сопствен ризик, може да дозволи пристап на друг специјалист до сопственото медицинско досие. Овој начин на креирање на корисничко-пациентски пристапи до медицинските досиеја креира привремен пристап до одредени информации од профилот на пациентот.



Слика 5-2 Поврзување на медицинскиот информационен систем со апарати за анализа и скенирање

На барање од медицинските специјалисти, пациентите можат да прават рендгенски скенирања на одредени делови од нивното тело или мерење на одредени параметри на крвта (на пример, еритроцити). Специјалистот, издава специјалистички наод (на пример, за скенирање), со користење на неговата NFC картичка, истиот го авторизира. Потоа, пациентот го отвора наодот преку неговата NFC картичка, каде што, секое скенирање се додава во наодот на конкретниот пациент. Медицинското лице кое што го врши скенирањето се идентификува во наодот преку неговата NFC картичка. Автоматското ажурирање спречува човечки ненамерни грешки, каде што, по затворање на наодот, скенирањето е во целост достапно до специјалистот кој го врши истото, специјалистот што го креирал наодот и пациентот. Општата комуникација, помеѓу периферните уреди и мобилните уреди, е прикажана на Слика 5-2.



Слика 5-3 Секвенциски дијаграм на скенирање преку облак системот

На Слика 5-3 може да се види дека, целиот процес е автоматизиран, со тоа што, е намалена човековата интеракција. Со намалување на човековата интеракција, се намалува можноста за човечка грешка, при справување со медицинските податоци, а притоа, медицинскиот персонал може да се фокусира на пациентот. Канцеларијата на специјалистот има компјутер со монитор, притоа, компјутерот е опремен со NFC, кој што, комуницира со медицинскиот облак систем за автентикација и авторизација. Комуникацијата помеѓу корисниците и системот преку NFC картичка е прикажано преку секвенциски дијаграм на Слика 5-3.

Самиот систем, дополнително вклучува дел за автоматско компјутерски-потпомогнато закажување на прегледи, оптимизирајќи го времето на докторот и на пациентот. Пациентот, преку неговиот уред, може да побара од системот да му/ѝ закаже преглед според однапред зададени критериуми. Овие критериуми вклучуваат посакувано време, период од денот, дали е итно или не и дали ќе има потреба од специјалист. Системот, земајќи го во предвид времето на располагање на докторот, закажува преглед на даден пациент. Ваков сличен систем е опишан во [20].

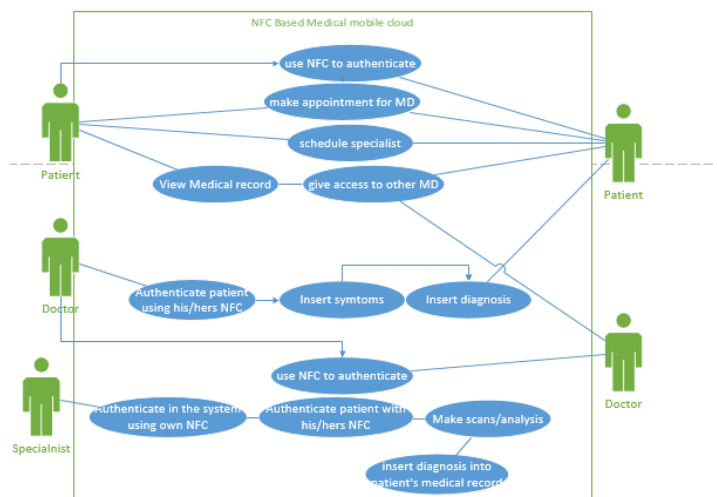
### **Надворешни системи**

Здравствениот информациона систем работи во складност со надворешни системи, како што се фармацевтски информациона системи или приватни клиници. Даден пациент, по прегледот направен од страна на некој доктор или специјалист, може да му бидат препишани лекови. Медицинскиот информациона систем комуницира со електронски фармацевтски информациона систем, каде што, добива информации за тоа во која аптека го има лекот т.е. каде е на залиха. Овие информации ги препраќа до мобилниот уред на пациентот, каде пациентот добива информација од каде може да го набави лекот. Од друга страна, фармацевтските компании можат да пристапат до медицинското досие на пациентот и да видат кои лекови се препишани, во кој наод (преглед) и од страна на кое медицинско лице.

Приватните клиници најчесто имаат сопствени медицински системи, каде што, имаат целосен пристап до досието на сопствените пациенти (пациенти кои што се водат кај нив). Дополнително, даден пациент, од облак системот на една клиника, може да изврши предавање (времено или трајно) на своето досие во друга клиника. На овој начин, информациите системи на клиниките користат надворешни системи каде ги препраќаат податоците на пациентите на барање на пациентите, за да може да бидат соодветно трансферирани податоците (точно и без загуби).

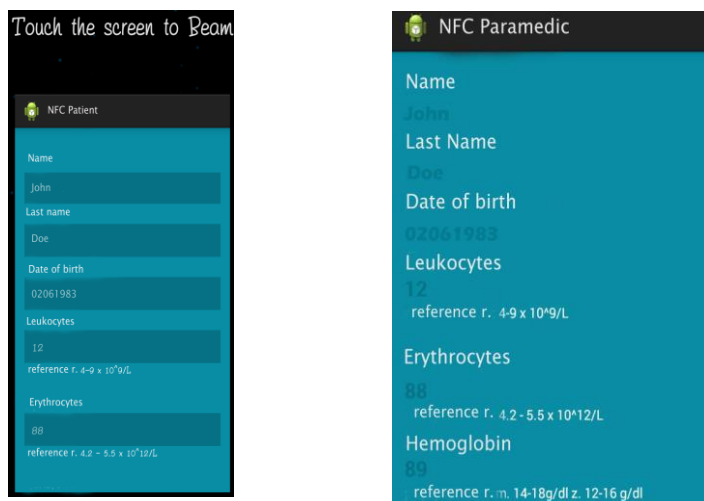
## **5.2 Автентикација и авторизација со NFC**

Користењето на NFC, како метод за автентикација и авторизација во еден медицински облак информациона систем, игра важна улога во дефинирањето на безбедноста и надежноста на системот, особено кај медицински податоци, кои што, се заштитени со здравствено осигурување за преносливост и Закон за одговорност на податоците, уште од 1996-та година, [32]. Доколку дијагнозата на еден пациент, по грешка, се запише кај друг пациент, може да доведе до несоодветно лекување на пациентите и потенцијално до смрт. Исто така, недозволен пристап до медицинско досие на пациент директно го прекршува правото на заштита на податоците помеѓу доктор и пациент и може да има значајни негативни последици по здравјето на пациентот. За таа цел, се користи NFC картичката, како би се заштитиле податоците на пациентите и ќе се задржи соодветен авторизиран и контролиран пристап до истите. Начинот на комуникација и размена на податоци со помош на авторизација и автентикација е прикажан на Слика 5-4.



Слика 5-4 Кориснички дијаграм за идентификација на користици во системот

Пациентот дополнително може да го користи мобилниот уред за брз пристап до критични податоци. Пристапот до вакви облак системи бара, мобилните уреди да имаат постојано интернет конекција, што во итни случаи во рурални средини, тоа не е секогаш возможно. Мобилниот уред со NFC чува информации локално во уредот за брз пристап, притоа, овие информации вклучуваат крвна група, алергии, посебни медицински третмани, последни лекови примено и слично. Поради ограничените мемориски капацитети на мобилниот уред (до 64KB за означување), во него може да се запишат од 10 до 15 последни или битни медицински наоди. Потоа, мобилниот уред кој ги чува овие податоци, може да се искористи на лице место на некаква незгода, каде, тимот на брза помош може да ги прочита овие податоци со помош на допирање на двата уреди, и авторизирано лице (во случајот доктор од брза помош) ќе ги прочита.



Слика 5-5 Процедура за препраќање на податоци кои се чуваат локално на мобилниот уред до докторот од итна помош со користење на NFC

Доколку е потребно, докторот може да пристапи и до централниот облак информационален систем и да прочита други медицински податоци за пациентот (доколку за истото има потреба). Но, во случај на рурална средина, каде интернет конекцијата е лимитирана, брз пристап до овие податоци може да придонесе многу за спасување на човечки животи. Типот на податоците и кои податоци ќе се чуваат во мобилниот уред на пациентот може да се конфигурира, притоа, ова го прави медицинско лице кое што е одговорно за пациентот. Овие податоци се делат на фиксни податоци (како што се крвна група и алергии и инсулински терапии) и на променливи (како што се последни скршеници последни

антибиотици и терапии). Нашиот систем користи 1MB меморија, од каде 100 KB се користи за фиксните податоци.

Кога пациентот прв пат ќе се регистрира во медицинскиот облак систем, критичните и помалку критичните податоци се префрлуваат на мобилниот уред, и од тој момент, мобилниот уред може да се користи во критични ситуации за читање на информации од страна на итната медицинска служба. Потоа, со секој нов докторски преглед, докторот може да префрлува нови податоци во мобилниот уред, притоа треба да се грижи кои податоци се побитни (поради мемориските ограничувања). На Слика 5-5 е прикажано како итната служба ги чита податоците од мобилниот уред на пациент при незгода. Лево на Слика 5-5 е прикажан екранот на пациентот од кој се читаат податоците, додека пак, десно е прикажан екранот од мобилниот уред на докторот, кој пристапува до овие податоци.

### 5.3 Безбедност на системот

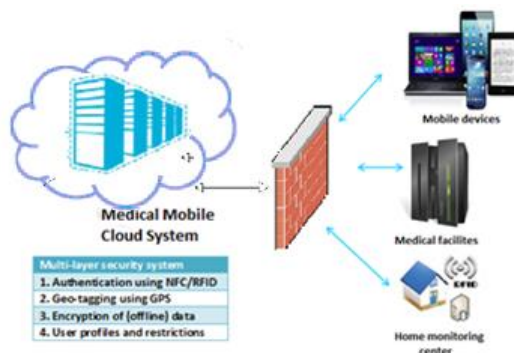
Со цел системот да може полесно да генерира медицински податоци за анализа, чување и пристап преку Интернет, системот мора да се справи со безбедноста на податоците, интегритетот и нивната приватност. Најпрвин, онлајн системот за медицинска здравствена заштита треба да ја обезбеди приватноста на пациентите поради доверливост помеѓу пациентите и медицинскиот персонал и заштита на здравствените податоци од неовластен пристап. Ова би можело да доведе до несоодветно здравство, додека пак, промена на овие податоци може да доведе и до влошување на здравствената состојба и можна смрт на пациентите. Во [34-39], медицинските системи се заштитени со користење на енкрипција и дополнителен софтвер за принудена политика за приватност и управување со здравствени профили. Понатаму, во [39], авторите користат енкрипција за да го решат проблемот на мрежна безбедност. Во [40] и [42], безбедноста на целиот систем е подобрена со користење на NFC и контрола на идентификација (ова го намалува ризикот од манипулација со податоци и го одржува интегритетот на здравствените податоци).

Придонесот во овој докторски труд е креирање и тестирање на безбеден медицински облак систем кој пациентите безбедно може да го користат за подобрување на нивното медицинско здравство, а со тоа и здравјето на пациентите. Тестирањето на нашиот систем е направено со помош на NFC читач и мобилен уред со NFC модул. Во тест сценариото испраќаме MRI (Magnetic Resonance Imaging) слики (слики од магнетна резонанса) и сензорски податоци. Облак системот потоа, ги анализира информациите и го испраќа назад резултатот до мобилните уреди (преку истите комуникациски протоколи преку кои е остварена иницијалната комуникација), [43]. Во следното поглавје е прикажана архитектурата на слоевитиот систем за безбедност, како истиот е имплементиран и поврзување на деловите. Потоа, опишано е тест сценарио што, дополнително ја илустрира функционалноста на системот.

#### Слоевит систем за безбедност на медицински „облак систем“

Медицинскиот мобилен облак е скалабилен онлајн медицински модел за анализа, чување и обезбедување на пристап до медицински податоци на пациенти. Пристап до овој систем имаат пациентите (до нивниот профил) и медицинскиот персонал (до однапред авторизирани профили и делови од профилот). Со помош на NFC означување, корисниците се идентификуваат во системот со користење на протоколот TAG NFC (режим на читање). Најчесто, корисници на системот се медицински лица или пациенти, но, овој модел има можност да комуницира со надворешни системи кои бараат информации од здравствениот систем (пример: аптеки, трансплантација на органи, здравствени агенции, Центарот за контрола на болести или приватни клиници). Корисниците на облак моделот може да побараат пристап до услугите и според неговите/нејзините дозволи, да изврши команда (на пр. да испрати или добие медицински информации за корисникот, изврши анализа на тестови и сликите од магнетна резонанса).





**Слика 5-6** Заштитен систем на податоците на пациентите во медицинскиот мобилен облак систем

Системот е заснован врз потребите на пациентите, односно, сите активности кои се преземаат во рамки на системот, се поврзани со пациентите. Моделот на здравствен информационален систем се стреми да го направи системот поефикасен. Секој корисник има NFC картичка која може да се користи во сите три режими на работа. Пациентот, со помош на NFC, може да побара, на пример, дијагностика или Ехо да се испрати на неговиот мобилен уред. Исто така, пациентите може да ја прочитаат целата своја медицинска историја, да побараат дијагностика и да управуваат со нивниот здравствен профил преку нивните NFC мобилни уреди. Ако мобилниот уред е опремен со сензори, NFC може да биде програмиран да ги користат овие биолошки сензори за анализа на здравствената состојба во реално време.

Бидејќи системот е отворен кон корисниците преку нивните мобилни уреди, системот мора да го адресира прашањето за безбедност и заштита на податоците. Исто така, овој модел е насочен кон пациентите, и поради фактот што медицинските податоци се чувствителни по природа, се повеќе и повеќе пациенти и медицински персонал се загрижени за безбедноста, заштитата и сигурноста на медицински податоци во системот. Корисниците не се подготвени да ги споделуваат своите медицински податоци и истите да се чуваат на облак системот. Во [42] и [43], предложени се неколку решенија за да се обезбеди и одржи безбедноста на медицинските податоци во облакот. Во оваа дисертација се предлага безбедносен систем со повеќе слоеви, каде што, безбедноста на податоците се постигнува во неколку различни фази. Слоевите на овој модел се прикажани на Слика 5-7.

Слоевит безбедносен систем
1. Автентикација со NFC означување
2. Енкрипција на локални податоци
3. Медицински профили и ограничувања
4. Геолошко означување за дополнителна безбедност

**Слика 5-7** Слоевит безбедносен систем

Првиот слој, прикажан на Слика 5-7, е слој за автентикација, каде што се предлага користење NFC означување за да се идентификуваат пациентите и медицинскиот персонал, [90]. Овој слој обезбедува алгоритми за енкрипција за заштита на податоци и идентификација на корисникот во мобилната апликација (доколку корисникот бара пристап до податоците). Оваа автентикација може да се направи со користење на лозинка, код или отпечаток од прст за идентификација (доколку е достапно). Следната фаза е дефинирање на строги граници помеѓу кориснички профили преку дефинирање на правилата за кориснички привилегии. Последната фаза е гео-означување, зад кое стои користење на GPS систем за означување на мобилниот уред, така што, медицинскиот облак ја одредува локацијата од каде што пациентот или медицинскиот персонал пристапува на облак системот.

Користењето на овој модел за безбедност со повеќе слоеви, напаѓачите ќе имаат тешкотии во нарушување на безбедноста на пренесените податоци и податоците кои што се зачувани. Напаѓачите, кои би добиле пристап до медицинските податоци, може да променат нешто во медицинските информации кое, може да доведе до влошување на здравјето на

пациентите. Покрај тоа, болниците често ги продаваат податоците на пациентите за анализа и статистика за компаниите, така што, мора да се заштити пристапот до овие податоци. Напаѓачите може да се обидат да добијат неовластен пристап до медицинскиот облак за да ги преземат овие податоци. Првиот слој се однесува на автентикација и идентификување на пациенти и медицински персонал преку нивните NFC тагови. Со користење на овој слој, облак системот се осигурува дека не постои „човек во средината“ напад или други слични напади. Исто така, NFC означувањето може да послужи како средство за да се обезбеди неотповикливоста во моделот.

Бидејќи мобилните уреди се подложни на кражба или може да падне во погрешни раце, дури и за краток период, доколку мобилниот уред е синхронизиран со мобилниот медицински облак, тоа може да доведе до нарушување на приватноста на медицински податоци, интегритетот и безбедноста на целиот систем. Користење на вториот слој на безбедносниот модел го надминува овој недостаток во безбедноста, каде што, податоците и пристапот до медицинскиот облак е дополнително обезбеден со користење на енкрипција. Енкрипцијата во овој дел е направена со помош на Secure Shell (SSH) протокол. Следниот слој на безбедност го дефинира делот со кориснички профили и како се ограничува пристап на корисникот на неговиот профил. Бидејќи овој модел е конфигурабилен и пациентите може да дадат пристап (на сопствен ризик) до одредени медицински податоци на други пациенти и/или медицински персонал, облак системот мора да одржува строги правила за тоа кои корисници имаат пристап до кои други податоци, покрај сопствените. Понатаму, овој слој, исто така, ги дефинира акциите што корисникот може да ги изврши над податоците на останатите пациенти (на пример: само пристап, пристап и да се дуплираат, да се означат како свои и т.н.).

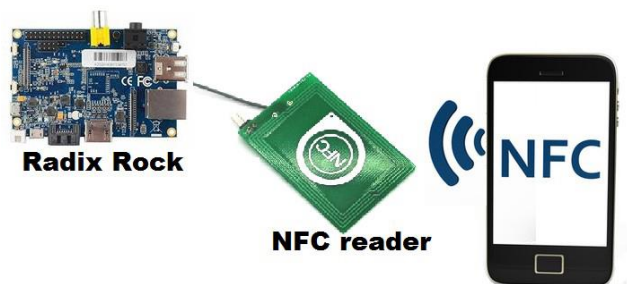
Последниот слој на безбедносниот систем не е задолжителен и служи како дополнителен параметар за безбедност, преку кој, се лоцира корисникот и се запишува од каде корисникот комуницира со медицинскиот облак. Ова може да спречи лекарскиот преглед да се направи надвор од болница (податоците да можат да се променат само од одредени геолошки локации). Моменталната имплементација на системот вклучува модули кои, само проверуваат дали GPS е овозможено, и доколку е, поставените координати ги запишува во база на податоци, за да знае системот од каде е пристапено.

#### **5.4 Тестирање на работата на слоевите за безбедност**

За тестирање на работата на системот користиме две сценарија, притоа, во првото сценарио го користиме NFC модулот од мобилен уред за да испратиме големи количества на податоци (магнетни резонанси од скенирање на телото на пациентот). Потоа, со користење на MATLAB алгоритми, вршиме конверзија и приспособување на податоците, и резултантите податоци ги враќаме назад до мобилниот уред. Во второто сценарио, користиме сензорски информации на пациентот, каде истите се испраќаат до електронскиот здравствен систем и се чуваат за понатамошна анализа. Во двете сценарија се користи NFC делот од мобилниот уред (во нашиот случај Samsung Galaxy S5) и NFC читач во режимот за емулација. Првата точка на комуникација е помеѓу мобилниот телефон и NFC читачот, каде, со помош на NFC комуникациски протокол се пренесуваат податоците. Втората точка на комуникација е меѓу NFC читачот и плочката Radix Rock. Со помош на оваа комуникациска точка се остварува поврзувањето на NFC читачот на интернет и испраќање на податоци до системот. Оваа точка на комуникација користи USB кабел за поврзување со NFC читачот и Radix Rock.

Третата комуникациска точка е помеѓу Radix Rock плочката и системот, каде што, со помош на дополнителен хардвер, плочката комуницира со системот преку користење на Secure Shell (SSH). Првата комуникациска точка е спроведување на првиот слој од безбедноста опишана погоре, каде што, корисниците се идентификуваат во системот и испраќаат податоци со помош на NFC. Втората комуникациска точка се смета за безбедна, бидејќи е жична USB комуникација. Вториот слој на безбедносниот систем се спроведува со помош на Radix Rock плочката, каде што, податоците се кодираат дополнително, пред истите да бидат испратени до системот. Енкрипцијата (кодирањето) се врши во две фази. Првата фаза, податоци се шифрирани со K1 клуч, додека пак, во втората фаза, се користи SSH криптографско

тунелирање. Кога податоците се испраќаат преку третата точка на комуникација, овие податоци може да ги прочита само системот за кој се наменети. На Слика 5-8 се претставени поврзувањата со различните уреди.



Слика 5-8 Комуникациски модел од NFC мобилен уред до систем

#### 5.4.1 Праќање на слики од магнетна резонанса до мобилен уред

Сликите од магнетна резонанса се сметаат за „тешки“ мултимедијални податоци бидејќи се со висока дефиниција. Во денешно време, скенерите произведуваат претежно вакви слики т.е. слики со висока дефиниција. Во ова тест сценарио, се испраќаат слики од скенирањата од мобилниот уред на пациентот до облак системот преку моделот на комуникација од Слика 5-8. Системот користи алгоритми за дефинирање на коскената структура од скенирањето кои можат да откријат можни скршеници/фрактури. Слика 5-9 е прикажана испратената скенирана слика и резултатот од анализата добиена назад на мобилниот уред.



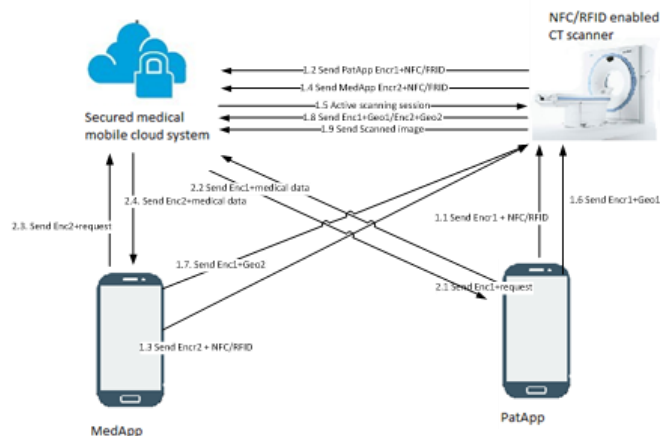
Слика 5-9 Праќање на скенирана слика до облак системот и резултатната слика од анализата

Бидејќи овие рендгенски/магнетни слики се прикажани на мобилни уреди кои комуницираат со мобилниот медицински облак, сликите треба да бидат скалирани според димензиите и преференциите на мобилниот уред, [44-46]. Ова би значело дека, системот на медицински мобилен облак, мора да користи алгоритми за приспособување на сликите на големината на екранот на уредот и резолуцијата. Заради тоа, се воведуваат дополнителни MATLAB скрипти, за да се направи скалирањето (приспособувањето). Кога мобилниот уред иницијално се автентифицира со медицинскиот мобилен облак, мобилниот уред испраќа информации за големината и резолуцијата на екранот. Кога сликата е подготвена да се испрати на мобилниот уред, системот користи MATLAB скрипти за да ја приспособи сликата со параметрите на дестинацискиот мобилен уред.

Од време на време, пациентите прават скенирања на одредени делови на нивното тело со помош на компјутерска томографија (Computer Tomography - CT), магнетна резонанса или крвна слика (крвен притисок, еритроцити и т.н.). Процесот на скенирање е прикажан на Слика 5-10 (акциите од 1.1 до 1.9). Пациентот го користи сопствениот NFC/RFID мобилен уред (преку PatApp апликацискиот интерфејс) за да ја отпочне процедурата на скенирање и да се креира запис за скенирањето. Барањето за отпочнување на скенирање е најпрво енкриптирано со користење на Enc1 и истото се испраќа до облак системот (испраќањето го прави скенерот). Во втората фаза, специјалист од областа го користи неговиот NFC/RFID мобилен уред (преку MedApp апликацискиот интерфејс) за да дефинира кој е докторот (медицинското лице) кое што ќе го врши скенирањето и внесува дополнителни податоци за процесот на скенирање (овие

податоци се претходно енкриптирани со помош на Enc2 енкриптички код). Сите овие податоци се запишани во медицинското досие на пациентот, кое се чува на мобилниот облак систем. Со користење на овие два NFC/RF идентификациски броеви, системот знае кој е специјалистот кој што го направил скенирањето и за кој пациент е направено скенирањето, и притоа, резултантните слики од скенирањето се запишуваат во медицинскиот досие на пациентот. Исто така, податоците се пренесуваат енкриптирани, што значи дека не можат да се пресретнат и променат (пристапат) од неавторизирани лица. Доколку барањето е испратено од страна на NFC/RFID уредот на пациент, тогаш, системот го користи неговиот Enc криптирачки код за декодирање на барањето. Целиот процес на скенирање се извршува автоматски т.е. бара минимална интеракција од страна на пациентот и специјалистот. Во процесот на скенирање, апликацијата PatApp, ги испраќа гео-локациските координати на пациентот, додека пак апликацијата MedApp, ги испраќа координатите на специјалистот. Овие гео-локациски координати се запишуваат во податоците за скенирањето, и доколку е потребно, се користат за дополнителна валидација и безбедност. По скенирањето, сите податоци од скенирањето се запишуваат во медицинското досие на пациентот. На овој начин, целиот процес е автоматизиран и редуциран од човечка грешка. Вториот дел од Слика 5-10 (акциите од 2.1 до 2.4) е сценариото на пристапување до медицинските податоци. Доколку даден пациент или медицински персонал има потреба од пристап до одредени податоци од медицинското досие, барањето, заедно со тагот за тоа кој го издал барањето, се кодираат со Enc(X) и NFC(X)/RFID(X). Медицинскиот облак систем може да го декодира барањето и да види кој бара да пристапи до податоците. Сите податоци се енкриптирани од страна на мобилниот уред и облак системот и само тие можат да ги декриптираат, со што, се спречува можен напад на „човек имитатор“ или „човек пресретник“.

Кога скенираните податоци се на располагање, се испраќаат до мобилниот уред на корисниците, кои што имаат потреба и пристап до овие податоци. Во конкретниот случај, до овие податоци може да пристапат пациентот и специјалистот кои што се вклучени во самиот процес на скенирање. Најпрво, системот користи NFC/RFID тагирање и автентификација, со цел да може да се добие пристап за вршење на скенирањето и промена (додавање податоци) во медицинското досие на пациентот. Паралелно со овој процес, се креира кодна шема на кодирање на податоците кога истите ќе бидат запишани во досието или испратени до дестинацискиот уред. Секој корисник на системот (пациент или медицински персонал) поседува сопствен NFC/RFID таг, преку кој, присилно се кодираат и декодираат податоците преку однапред одредена кодна шема. Оваа уникатна кодна шема се дефинира и разменува кога прв пат корисникот ќе биде дефиниран во системот. Овој код (клуч) никогаш не се праќа преку мрежа и претставува 128 битна кодна шема. Но, бидејќи мобилниот уред (каде што се чува кодната шема за корисникот) може да биде украден или изгубен, овој уред е дополнително енкриптиран со користење на лозинка или отисок на прст (или било кој друг био-идентификациски сервис кој што го подржува мобилниот уред). Бидејќи био-идентификациските сервиси се повеќе безбедни од лозинка, медицинските лица се обврзани да ги заштитат нивните мобилни уреди со био-идентификација. Доколку некој добие неовластен пристап до мобилниот уред на пациент, ќе биде загрозувано само неговото медицинско досие, но, доколку се добие неовластен пристап до мобилниот уред на некое медицинско лице, тогаш се загрозува приватноста и безбедноста на многу пациенти и корисници на системот.



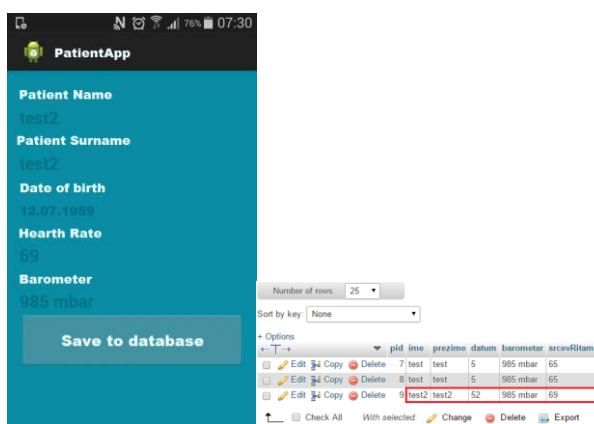
Слика 5-10 Енкриптички систем на медицинскиот мобилен облак систем

Како што може да се види од Слика 5-10, доверливоста се запазува во неколку нивоа. Најпрво, се користат NFC/RFID тагови за автентикација и авторизација на пациенти и доктори. Потоа, NFC/RFID таговите се користат за креирање и затворање на медицински сесии, автоматизирање на додавање и манипулација на медицински податоци. Комуникацијата со системи надвор од медицинскиот мобилен облак систем се исто така обезбедени со дополнителна енкрипција, дефинирана во моментот кога е договорено пристап до податоците од надвор.

Пристап до медицинските податоци во рамки на мобилниот уред, е обезбедена со помош на енкрипција и заштитени со лозинка и/или био-идентификација. Тестирањето на безбедноста на системот е реализирано со помош на 20 пациенти и еден специјалист за евалуирање на облак системот, неговата податочна безбедност, интегритет и достапност. Само 7 пациенти имаа уреди со био-идентификација, додека пак 12 пациенти имаа уреди со сензори (пулс, влажност на воздух и температура на воздух). Тестирањето покажува како пациентите го користат системот и извршуваат рендгенски скенирања. Пациентот, најпрво го отклучува уредот, кој што овозможува автентичирање и авторизирање со помош на апликацијата. Останатата процедура е опишана на Слика 5-10 и Слика 5-11.

#### 5.4.2 Праќање на сензорски информации од мобилен уред до облак системот

Сензорските информации вообичаено се сметаат како „лесни“ податоци, каде што, само се пренесуваат броеви и текст. Ова тест сценарио е опишано претходно и се користи за да се тестира начинот на чување на сензорските податоци во системот. Иако сензорските податоци се „лесни“, сепак се генерираат многу често (во реално време). На Слика 5-11 е прикажано тест сценариото на праќање на био-сензорски податоци од мобилен уред до облак системот.



Слика 5-11 Пренос на сензорски информации од мобилен телефон во облак системот

Апликацијата PatientApp користи био-сензори од мобилен уред за да испрати медицински податоци до системот. Во овој случај, PatientApp испраќа крвен притисок и отчукувањата на срцето на пациентот. Ако мобилниот уред не е опремен со сензори, тогаш може да го користи камерата за да добијат приближни мерења на отчукувањата на срцето. Од Слика 5-11 може да се види како се поставуваат податоци на системот.

## 6 Приспособување на мултимедијални медицински податоци

Навлегувањето на медицината во секоја област од животот отвора нови предизвици во технологијата и индустријата, притоа наоѓајќи начини како да се олесни медицинскиот процес, а со тоа, да се подобри човечкиот живот. Компјутерското инженерство е доволно развиено и навлезено во интердисциплинарни истражувања поврзани со медицината и здравството, така што, овие истражувања, кои ги вклучуваат двете дисциплини, креираат компјутерски решенија што ја подобруваат медицината, тргнувајќи од оптимизирање на наједноставни операции, се до, тешки хируршки зафати. Последните истражувања се фокусираат на рендгенологијата, каде, компјутерската томографија помага да се изврши анализа и синтеза на резултатите добиени од овие снимки. Потоа, се прави спектрална анализа на ткива, која помага во одредување на дијагноза за рак на ткивото и кожа. Користејќи компјутерска опрема, докторите можат да извршат автоматска анализа на резултатите добиени од електрокардиограмот, притоа, системот може да препознае нерегуларности во работата на срцето, да дијагностицира аритмија и слично.

Електронската (компјутерска) опрема, заедно со софтверските решенија, се користат за да им помогнат на медицинскиот персонал во дијагностицирање и навремено осознавање на аномалии во човечкиот организам, а со тоа, им нудат на пациентите подобар здравствен систем. Како пример, може да се земат рендгенските и томографските слики, каде докторот може да не забележи пукнатина во некоја коска или аномалија во 'рбетниот столб. Овие аномалии може да прераснат во нешто посериозно и опасно по животот на пациентот. За таа цел, може да се користат компјутерски алгоритми за обработка на слика, каде, рендгенската слика може да биде подложена на компјутерска анализа. Компјутерската анализа, од друга страна пак, може да ги идентификува можните аномалии во организмот и да даде сугестии за можните пукнатини во коските. На тој начин, докторот ќе може да се фокусира на детална анализа на сликите.

### 6.1 Приспособување на медицински мултимедијални податоци со МАТЛАБ алгоритми

Матлаб, како интерактивна околина за нумерички пресметки, нуди цел спектар на алгоритми и функции за обработка на слика. Дел од овие алгоритми можат да се искористат за да се креира алгоритам за автоматска обработка на рендгенски слики. Овие алгоритми можат да ги отстранат од сликите, непотребните елементи и да ги означат критичните места каде би можело да има аномалија. Вака обработените слики, можат да му послужат на медицинскиот персонал да ги согледаат аномалиите, кои инаку би ги пропуштил. Со помош на овие алгоритми од Матлаб, компјутерскиот систем може да придонесе за значително подобрување при дијагностицирање во рендгенските лаборатории и ординации. За да се добие подобра и попрецизна слика од телото на пациентот, најчесто се користат скенери со голема резолуција, кои генерираат големи слики, затоа, потребно е да се користат алгоритми кои што се брзи, точни и кои што на лесен и едноставен начин би можеле да извршат автоматска обработка на слика. Матлаб, покрај тоа што нуди вакви алгоритми, дополнително нуди и алатка за паралелно извршување на алгоритмите, што значи дека, времето на извршување на обработката на сликата би се значително намалило.

#### Обработка на слика во МАТЛАБ

МАТЛАБ може да се искористи како софтверско решение за обработка на слики, притоа, истото, најчесто се користи како брзо и надежно решение за обработка на слики. Причината за користење на МАТЛАБ како софтверско решение за обработка на слики е алатникот за обработка на дигитални слики (Digital Image Processing Toolbox). Овој алатник нуди многу функции, алгоритми и апликации за процесирање, анализа, визуелно прикажување, трансформација и подобрување на дигитални слики. Дополнително подобрување на алатникот е, тоа што, подржува работа со различни типови на слики, вклучувајќи слики со гигапикселна резолуција, висока динамика и томографија. Алгоритмите

за визуелен приказ се користат за анализирање на сликите и видеата, анализирање на одредени пикселни делови, контраст на слика и контури.

## Репрезентација на слика во Матлаб

Сликите во Матлаб се дефинираат како дво-димензионална функција, каде што, координатите го претставуваат просторот на сликата со одредена вредност на соодветната позиција. Оваа вредност го претставува интензитетот на сликата во дадената точка. Има неколку различни претстави и репрезентации на слика во МАТЛАБ, притоа, најчесто се користи gray-level како тип на монохроматска репрезентација на слика, [47-49,92]. Типот gray-level дефинира каков ќе биде опсегот на интензитетот на точките на сликата.

Сликите во боја се претставуваат со различен интензитет т.е. се комбинација од индивидуални слики дефинирани како RGB тип на слика. Овој тип на слика е комбинација на боите црвена (R), зелена (G) и сина (B) т.е. се дефинира како интензитет од три монохроматски слики. Поради тоа што овие три бои се повторно монохроматски, лесно може да се претвори слика од еден тип во слика од друг тип, [92]. Исто така, голем дел од алгоритмите напишани за монохроматски бои можат да се прошират да важат за слики во боја, притоа, обработувајќи ја секоја боја одделно. Сликата може да се претстави како прогрес на бои во однос на x координатата и/или y координатата. Конвертирањето на таквата слика во дигитална репрезентација значи дека координатите и амплитудата ќе се дигитализираат т.е. за координатите се земаат вредности (примероци), додека пак, за амплитудата се врши квантификација (се прават дискретни квантификации), [49]. Од ова произлегува дека, кога координатите и амплитудата на некоја слика се конечни, дискретни количества на информации, тогаш таа слика се нарекува дигитална слика.

Како краен резултат од земањето примероци и квантификацијата, е матрица од децимални броеви. Доколку се земе дека една слика  $f(.)$  е претставена како матрица со M редови и N колони, тогаш може да се каже дека сликата е со големината  $M \times N$ . За поголема прегледност на сликата, најчесто се користат дискретизирани целобројни вредности за координатите на сликата. Се зема во предвид дека x координатата може да се движи од 0 до M-1, додека пак y координатата од 0 до N-1, притоа се движат со цел број чекори.

Се дефинира конвенција која се користи при обработка на слика преку користење на алатникот за дигитални слики. Конвенцијата не значи користење на повеќе координати од координатниот систем туку користење на редици и колони од матрицата. Оваа конвенција е прикажана на Слика 6-1, и претставува дигитализирана верзија на сликата. Секој елемент на матрицата е наречен елемент на сликата или пиксел. Доколку пикселот е монохроматски, тогаш се чува интензитетот на една боја, но, доколку е кодиран користејќи RGB, тогаш се чуваат интензитетите на сите три бои. Нумерирањето на елементите во матрицата може да почне од (0,0) или од (1,1), во зависност од потребите.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

Слика 6-1 Репрезентација на слика во Матлаб

За обработка на слики, најпрво мора да се прочита сликата, притоа, за читање на слики се користи функцијата `imread("ime_na_datoteka.jpg")`, која што, ја вчитува сликата зачувана со соодветно име. Сликите можат да бидат монохроматски или во RGB формат, притоа, како резултат се враќа матрица со соодветна димензија. Доколку сликата е монохроматска, тогаш

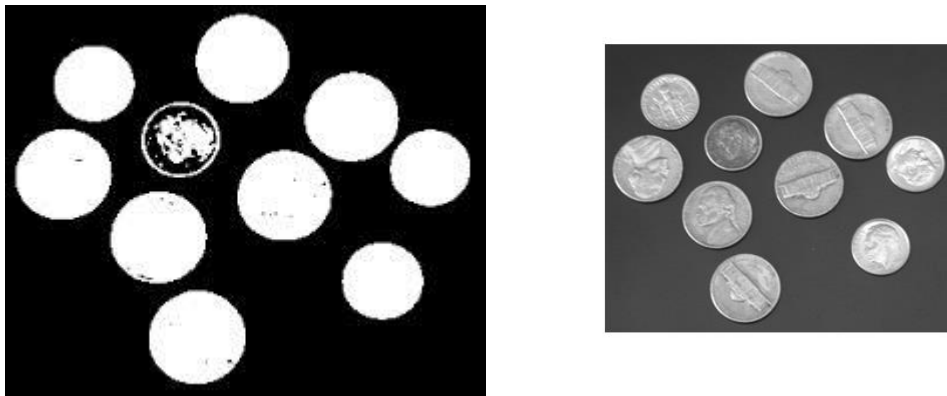


резултатот е матрица со две димензии и целобројни вредности. Доколку сликата е во боја, тогаш димензијата на матрицата е  $M \times N \times (R, G, B)$ , [92].

### Типови на слики во Матлаб

Алатникот на Матлаб за работа со дигитални слики подржува неколку типови на репрезентација на слики, и тоа, gray-scale, бинарни, индексирани и RGB. Голем дел од алгоритмите за обработка на слика работат со бинарни или gray-scale тип на слики, кои претставуваат монохроматски типови на слики. Сивите (gray-scale) слики се претставуваат со матрица чии вредности ја претставуваат сивата боја, заедно со сите нејзини сенки. Кога елементите на матрицата што ја претставува gray-scale сликата се 8-битни или 16-битни, вредностите се позитивни броеви до 255 и 65535 соодветно. Битноста на вредностите во матрицата ја одредуваат дефиницијата на сликата. Бинарните слики се со посебно значење во Матлаб и притоа се дефинираат како матрица од логичка нула и единица, притоа, како елементи се користат логички променливи, а не 8-битни целобројни променливи. Дадена слика може да се претвори во бинарен формат со повик на функцијата `logical(...)`, каде што, функцијата ги претвора сите ненулеви вредности во логичка единица и сите нули во логичка нула со помош на релациони и логички оператори.

На Слика 6-2 се прикажани репрезентации на бинарна наспроти gray-scale тип на слика. Првата слика е бинарната верзија, каде со 0 се означува отсуство на црна боја, додека пак со 1 се означува присуство на црна боја. На втората слика е прикажана gray-scale верзијата, каде се чуваат 16-битни броеви за претставување на интензитетот на сивата боја, каде 0 претставува бела, додека пак 65535 претставува црна. Сите вредности измеѓу се интензитетите на сивата боја.



Слика 6-2 Бинарна наспроти gray-scale слика

Претворувањето на слика од една класа во друга т.е. од еден тип во друг е честа практика во Матлаб, со цел да се искористат во целост алгоритмите за обработка на слика. Конвертирањето на дигитална слика од еден тип во друг се прави со менување на типот на вредности што ги чува во матрицата и приспособување на вредностите. Со наведување на името на класата т.е. типот на слика во која се конвертира, дадена слика може од еден тип да се конвертира во друг тип со соодветно приспособување. Доколку сликата е бинарна, а треба да се претвори во gray-scale, тогаш само се прави конверзија на логички нули и единици во целобројни нули и единици.

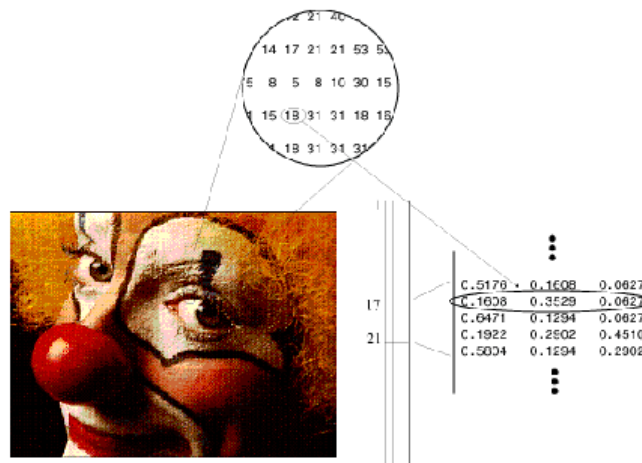
Било која матрица може да се конвертира и да претставува слика од некој тип. Како најчеста конверзија се зема функцијата  $A = \text{mat2gray}(B, [\text{min}, \text{max}])$ , која врши конверзија на матрицата  $B$  во слика  $A$  од тип gray-scale. Конверзијата прави скалирање на вредностите од било кој тип во вредности во опсегот од 0 до 1, притоа, се земаат реални вредности со двојна прецизност. На тој начин, можат да се пресликаат матрици со целобројни 8-битни и 16-битни вредности, така што, најголемата вредност се мапира во 1, најмалата во 0 и сите измеѓу се

скалираат. Вториот аргумент на функцијата се две вредности кои одлучуваат кои се минималните и максималните вредности на конверзија, со што се ставаат рамки на конверзијата. Сите вредности кои што се над максималната се ставаат како 1, додека пак сите вредности под минималната се ставаат како 0. Сите конверзии на дигитални слики од еден тип во друг се прават со математички функции за конверзија на броеви и скалирање на вредности. На Слика 6-3 е прикажана конверзија на матрица А во слика В користејќи mat2gray функција, [92].

$$f = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 4 & 5 \end{bmatrix} \Rightarrow f = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 \\ 0.25 & 0.5 \\ 0.75 & 1 \end{bmatrix}$$

Слика 6-3 Конверзија на матрица во слика

Исто така, може да се користат и индексираниите слики, кои повторно се претставуваат како матрици X и Y, така што матрицата X претставува податочна матрица, додека пак, матрицата Y е матрица на бои. Матрицата Y содржи тројка од елементи, каде се чуваат децимални вредности, претставувајќи го интензитетот на трите бои. Индексираниите слики користат директно мапирање на пикселни вредности во бои. Бојата на секој еден пиксел во сликата се одредува со користење на индексот од матрицата X, како индекс во матрицата Y.

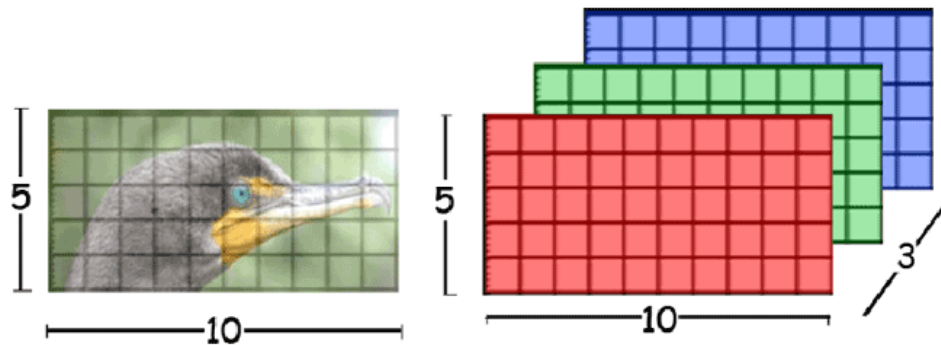


Слика 6-4 Индексирање на слика во Матлаб

На Слика 6-4 е прикажан начинот на кој се врши мапирањето на матриците кај индексните слики во Матлаб. Секоја една бројка од матрицата X е индекс во низата вредности во матрицата Y. Бидејќи матрицата X има, како елементи, цели броеви, тоа значи дека Y е низа од елементи т.е. редица-матрица. На овој начин се прави оптимизирање на меморијата што ја зафаќа сликата, притоа, во редица-матрицата се чуваат RGB податоците само за оние бои кои ги има на сликата. На тој начин, доколку имаме слика со 2 или 3 RGB бои, тогаш меморијата што ја зафаќа сликата ќе биде приближно иста на меморијата што ја зафаќа една gray-scale слика. Дополнителна корисна функција на индексираниите слики е користењето на мапа на бои од произволен тип, така што, при вчитувањето на индексираниата слика може да се користи оригиналната матрица Y или да се користи произволна матрица Y. На тој начин, може да се изврши замена на боите на една слика на едноставен начин.

Постои разлика при мапирањето на индексите од матрица X во матрица Y кај индексираниите слики. Доколку матрицата X е претставена со реални вредности, тогаш индексот 1 покажува на првата редица од матрицата Y, додека пак, доколку X е претставена со целобројни 16-битни или 18-битни броеви, тогаш 0 покажува кон првата редица од матрицата. Исто така, редот на матрицата Y го кажува бројот на бои кои што ги подржува сликата, притоа, доколку Y е од редот на Nx3, тогаш, N го дава бројот на различни бои на сликата, [47]. Овој број често се користи во Матлаб за да се добие интензитетот на сликата и динамичноста на боите.

Репрезентација на дигитална слика во реален формат се прави со помош на RGB тип на слика, каде се чува информација за составот на боите за секој еден пиксел од сликата. Информацијата е впрочем тројка вредности од интензитетите на црвената, зелената и сината боја. Овој тип на претставување на боите често се нарекува и претставување на вистинска слика, бидејќи боите се однесуваат на секој пиксел одделно и ја претставуваат вистинската боја. При работа со дигитални слики од RGB формат, Матлаб најчесто користи 24 битови за зачувување на еден пиксел (по 8 битови од боја). На овој начин, се поставува можност за користење на 24 милиони бои за една слика.



**Слика 6-5 Оригинална слика и нејзина претстава во RGB формат**

За разлика од другите репрезентации на слики, каде интензитетите на боите претежно можат да бидат реални вредности од 0 до 1, кај RGB, тие се вредности од 0 до 255, каде 0 претставува отсуство на боја, додека пак 255 претставува присуство на боја. На тој начин, интензитетот RGB (0,0,0) претставува црна боја, додека пак RGB(255,255,255) ја претставува белата боја. За приказ на RGB тип на слика се користи функцијата `image(...)`.

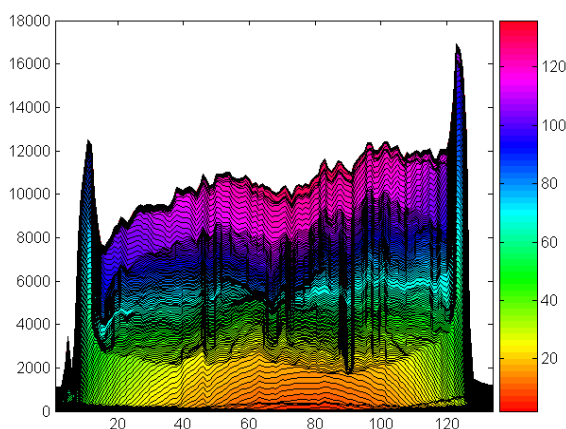
## 6.2 MATLAB со примена во медицината

Како што беше веќе опишано, Матлаб нуди многу математички функции за обработка на слика и работа со податоци. Како најкористени од овие функции може да се наведат Фуриевата трансформација и анализа, филтрирање, статистика и 2D и 3D плотирање. При обработка на техничка слика, како што се медицинските слики, најчесто се користат алгоритми за намалување на шум на слика, трансформација и подобрување на слика, манипулација со мапа на бои и дефинирање на региони на интерес. Медицината, како наука која е најмногу опфатена во анализи и научни истражувања во рамки на компјутерското инженерство и информатиката, често подложи на истражувања со помош на Матлаб софтверскиот пакет. Во рамки на ова поглавје од дисертацијата, Матлаб се користи за анализа на томографски и рендгенски слики и нивна обработка, со цел да се добие подобра анализа од страна на стручно медицинско лице.

Компјутеризирана томографска слика е составена од пиксели чија светлост одговара на апсорпција на X-зраци во тенка правоаголна плоча со напречен пресек. Матлаб нуди алатка наречена „Пиксел регион“ (почнувајќи од MATLAB 7.0.1), која го подобрува регионот на пиксели дефиниран на сликата. „Пиксел регион“ алатката покажува пиксели на висока резолуција, препокривајќи го секој пиксел со нумеричка вредност, [47]. За RGB тип на слики, може да се дефинираат по три нумерички вредности, по еден за секоја група на сликата. Исто така, може да се утврди моменталната положба на „пиксел регионот“ во целната слика со користење на пикселни информации. На овој начин, ние ги врзуваме на x и y координатите од координатниот систем во пиксели во целната слика.

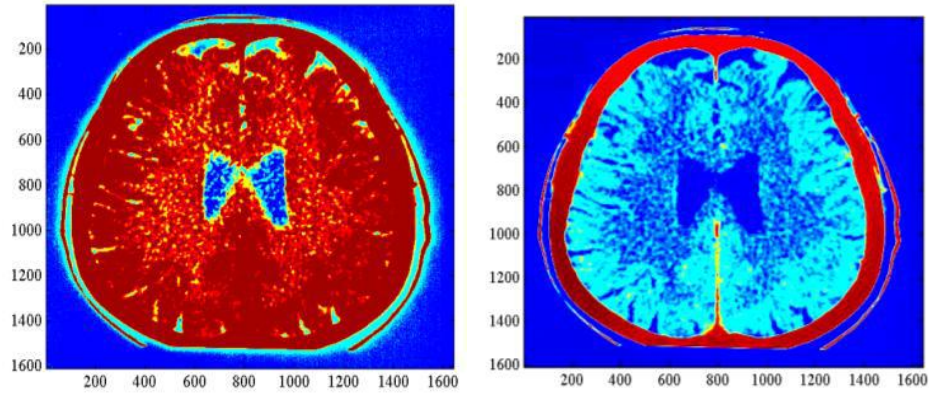
### Визуелизација на томографски слики

Матлаб нуди колекција од алатки кои можат да се користат за приказ на графици, хистограми, приказ на интензитетите на сликите и слично. Може да се прикаже областа на една томографска слика на мозокот, притоа проектирајќи ја на хоризонтална површина. На тој начин може да се прикаже спектарот на елементи на мозокот, [47].



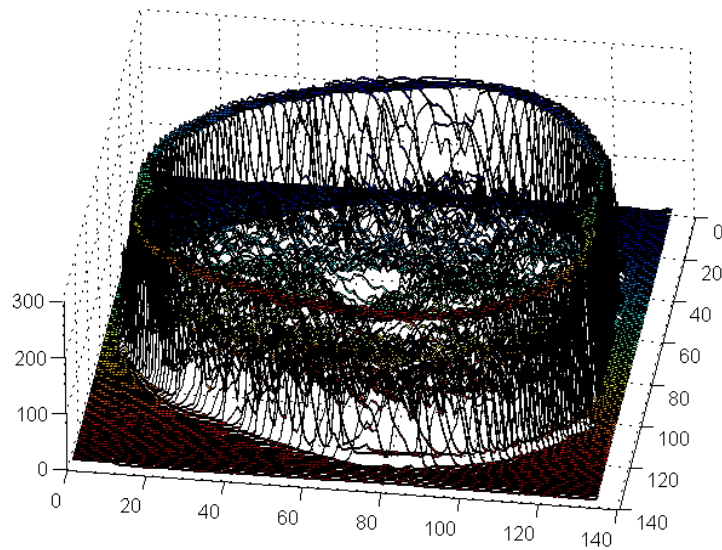
Слика 6-6 Area спектар на томографска слика на мозок

Постојат најразлични начини за обработка на медицинските томографски рендгенски слики со цел да можат медицинските лица да имаат подобар увид во здравствената состојба на пациентот. Може да се користи матрица на бои кај RGB тип на слика, со цел да се изврши скалирање на боите на сликата. На овој начин, секој елемент во оригиналната матрица го третира како индекс во помошната матрица. Ова се прави со повик на `imagesec` функцијата, каде се врши скалирање и приказ на матрицата со индексирање во помошна матрица. На овој начин, може да се користат најразлични помошни матрици за изолирање на бои или подобрување на квалитет на слика. На Слика 6-7 се прикажани примери од користење на `hsv`(Hue, Saturation, Value), [47].



**Слика 6-7 Пример за користење на помошни матрици на индексирање**

Анализирањето на сликите може да му донесе дополнителни информации на медицинското лице со цел да ја подобри дијагнозата на пациентот. Поради тоа, мора да се изврши визуелно подобрување на сликите, за да може, медицинските лица, да извршат подобра анализа. Многу често се користи 3-D Ribbon Graph како алатка за креирање на тро-димензионален график од одделните линии на сликата дефинирани како конци. На овој начин, може поефикасно да се анализираат крвните садови во организмот или да се дефинираат контурите на органите во системот. На Слика 6-8 е прикажана тро-димензионален график на мозокот, [47].



**Слика 6-8 Тродимензионален график на томографска слика на мозокот**

### **Анализа на ретина**

Во спојот помеѓу медицина и информатика, често се случува да се прават анализи на ретината, дали од медицински причини или како начин на идентификација и авторизација на луѓето. Ретината е орган кој што е најмногу изложен на надворешни влијанија, а со тоа, најмногу склон кон болести и повреди. Постојат голем број на болести, особено васкуларни, кои оставаат лузни (докази) во ретината. Ретината може да биде фотографирана релативно директно со камера, или во денешно време, со дигитална обработка на слики. Во денешно време, постои голем интерес за компјутерска анализа на ретинални слики за идентификување и квантифицирање на ефектите од болести (на пример, дијабетес).

Скенирањето на ретината е особено важна и интересна област за експертска анализа на слика поради динамичноста и количеството на детали во ретинални слики, кои сами по себе ги носат предизвиците за анализа. Постојат многу карактеристични повреди и карактеристики за

сегментација и квантификација, започнувајќи од оние кои бараат едноставни имплементации, до оние предизвици кои остануваат во голема мера, нерешени. Изнаоѓање решенија за овие проблеми нуди огромна можност за да се влијае позитивно на здравствената заштита на милиони луѓе.

Мрежницата (ретината) е дел од очниот орган кој е чувствителен на светлина, кој е видлив со помош на специјална опрема при снимање преку очниот отвор т.е. зеницата. Карактеристиките на една типична ретината вклучуваат оптички диск, каде што крвни садови и нерви влегуваат и завршуваат во задниот дел на окото и во мрежницата. Крвните садови излегуваат од оптичкиот диск и се распрснуваат надвор од ретината со цел да може да покрие најголем дел на ретината. Постојат голем број на болести на ретината што можат да подлежат на автоматска детекција од страна на компјутерски систем, како што е Матлаб. При автоматска обработка на слика за детекција на болест, најчесто се земаат слики од пациенти болни од дијабетска ретинопатија. Оваа болест е избрана бидејќи, се повеќе е присутна и предизвикува намалување на видот или во одредени случаи и целосно слепило. Неразмножената дијабетска ретинопатија се карактеризира со голем број на јасно препознатливи симптоми, вклучувајќи, почетоци на аневризма, кои се распознаваат како мали округли делови на рожницата на окото кои се формираат од капилари, [51,52]. Пример за таква една слика е прикажана на Слика 6-9.

Пролиферативна дијабетска ретинопатија е напредна форма на ретинопатија, што претставува значителен ризик кој може да предизвика губење на видот. Карактеристики кои водат до дијагноза на пролиферативна дијабетска ретинопатија вклучуваат истекување на крвта или екстензивно ексудат во близина на макуларна, исхемија, нов раст на крвни садови и промени во дијаметарот на крвните садови, како што е стеснување на артериоли и венски капки (венулите наизменично стискаат и вршат дилатација).



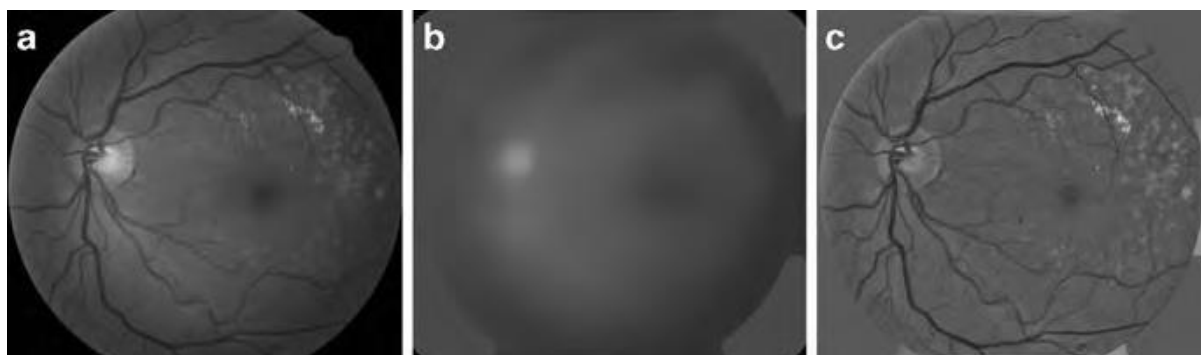
**Слика 6-9** Слика од ретина каде се гледа дијабетска ретинопатија и микроанеуризам

Бидејќи фотографот нема комплетна контрола врз окото на пациентот, кое претставува дел од обработката на слика од оптички систем, ретиналните слики често содржат делови со послаб квалитет од посакуваниот. При фотографирање на окото, пациентите често имаат солзи кои што го покриваат окото и, особено кај постарите, може да има катаракта, која што ја заматува и ја замаглува сликата од ретина. Поради тоа, пациентите често не можат да го стабилизираат нивното око, па поради тоа, ретиналните слики се нееднакво осветлени, каде што, делови од ретиналната слика се потемни а делови се посветли од остатокот на сликата. Во уште полош случај, поради солзите во окото, ретиналните слики може да се доведат до момент на целосно губење на контрастот. Сепак, не се посветува многу внимание на вакви опструкции (заматување на сликата поради катаракта или солзење), затоа што секогаш медицинското лице може да одбере некоја од другите слики која нема толку опструкции. Дополнително, не се посветува многу внимание на овие опструкции бидејќи распределбата на опструкции е



неконзистентна и тешко е да се напише функција која ќе ја анализира и евентуално врати во првобитна состојба. Многу повеќе проблематичен дел претставува нерамното осветлување на ретината, кое што, се јавува многу почесто од рамномерното, но, исто така, земајќи во предвид дека неговата екстремно лоша форма може да доведе до бришење на речиси сите детали во ретиналната слика, [47].

Ефектот на засенчување се должи на нерамното осветлување, притоа, претставува функција со бавно менување на просторните координати, што значи, се состои само од содржина со ниска фреквенција. Поради тоа, истиот може да се постигне со пропуштање на оваа содржина низ филтер со ниска пропусност. Иако, ова филтрирање може да се направи со филтер во Фуриеов домен, сепак, многу почесто изолирање на осветлувањето се прави со помош на средна вредност или медијана за филтрирање на сликата. Во почетокот на истражувањата за овој тип на медицинска анализа, многу често се користела средната вредност за филтрирање на осветлувањето на сликата, бидејќи тоа може многу побрзо да се пресмета од просечната (медијана) вредност на филтер. Но, сепак, медијана филтерот има подобри карактеристики при зачувување на својствата на сликата и обично се има покажано како добра варијанта за обработка на ретинални слики, Слика 6-10.



Слика 6-10 поправка на сенки и заматеност на ретинална слика

Еден од најстарите и најмногу ефективни предложени алгоритми за сегментација на крвни садови на ретината слики е алгоритам кој употребува ориентирани филтри за споредба за откривање на долги линеарни структури (како што се крвните садови). Крвните садови често имаат Гаусова крива (слика С на Слика 6-10), која е прилично конзистентна по должината на крвниот сад. Под услов садовите да не се премногу извртени, тогаш, тие може да се сметаат како издолжени цилиндри со Гаусов пресек. Дво-димензионалниот модел се состои од издолжен цилиндер со Гаусов пресек кој треба да претстави еден крвен сад, под услов да има иста ориентација. Моделот се преместува во секоја можна позиција на сликата и се корелира со локалните модели на сликата.

### 6.3 Алгоритми за обработка на слика во МАТЛАБ

Компјутерска томографија е рендгенска техника која произведува рендгенски слики според коефициентот на апсорпција на X-зраци. За разлика од методите за проекција на слика, компјутерската томографија произведува слики од густината на коските, кои ги дефинира како вистински волуметриски вредност кои можат да се калибрираат. Точноста и репродуктивноста на густината на коските може да се зголемени (со зголемена јачина) преку воведување на фантомска калибрација во сликата. Со еден фантом, кој обезбедува фигура на конкретните вредности на коскената форма и густина на меките ткива, може да се пресмета и заклучи, од просечната вредност на сликата, дали има аномалии или не, [90]. Дополнително, овој фантом служи за детекција и увид во аномалиите кои што се настанати.

Во рамки на Матлаб, како што беше опишано до сега, постојат многу алгоритми и методи за обработка на слики. Овие алгоритми можат да се извршат врз медицински слики, кои можат да направат подобрување на сликата и евентуално помогнат при одредување на дијагнозата од страна на медицинско лице. Алгоритмите кои што ќе се користат во продолжение, работат со рендгенски слики од човечкиот скелет, каде докторите често не

можат да видат одредени пукнатини или скршеници, поради нејасноста на рендгенската слика. За таа цел се користат алгоритми за детекција на прекини, кои што ги појачуваат рабовите на коските и ги прават со поголема видливост, [90]. Ова може да им помогне на докторите во дијагнозата.

### Обработка на рендгенски слики во Матлаб

Во продолжение се презентирани постапките за обработка на рендгенска слика на скелет и нејзино појаснување. Сликите кои што се користат за тестирање на алгоритмите се преземени од медицинска установа, притоа, се снимени со помош на томографски скенер. Овие слики се со висока резолуција (1179x792 пиксели), притоа за нивна обработка е потребно повеќе време, за да можат да ја задржат резолуцијата. Сликата за тестирање е прикажана како Слика 6-11, притоа, може да се види дека сликата е црно-бела т.е. предефинирано може да се претстави во gray-scale формат.



Слика 6-11 Томографска слика за тестирање на алгоритмите

Најпрво, сликата се вчитува во Матлаб користејќи ја функцијата `imread`, каде сликата се чита од датотека и се сместува во променлива во формат RGB. Иако сликата има само црна и бела боја и меѓу-интензитет на црната боја и природно би се претставила во gray-scale, сепак `imread` ја сместува во RGB формат. За детектирање на линиите (рабовите на коските) во сликата и појачување на истите од скелетот, се користи функција за детекција на рабови во слика. Има неколку алгоритми за детекција на рабовите во една слика, притоа, сите овие алгоритми ја користат функцијата „`edge`“. Оваа функција за детекција на рабови, како аргументи, добива слика претставена во gray-scale формат и низа од знаци кои што кажуваат кој алгоритам за препознавање на рабови ќе се користи. Во продолжение е кодот за пронаоѓање на рабови во слика.

```
I = imread('img1.bmp');  
%imshow(I);  
II=rgb2gray(I);  
BW0 = edge(II, 'sobel');
```

Слика 6-12 Детектирање на рабови на слика

Функцијата „`edge`“ работи на тој принцип што, детектира дисконтинуитет на светлина во сликата. Како подржани алгоритми за детекција на рабови се Sobel, Canny, Prewitt и Фази (матна) логика. Во рамки на Матлаб скриптата се користи Sobel метод на пребарување, каде што, во продолжение, како аргументи, може да добие праг и насока (`edge(II, 'sobel', prag, nasoka)`). Прагот ја дефинира осетливоста на алгоритмот т.е. колкав да биде прагот на пад на светлина за да детектира линија. Насоката може да биде хоризонтална, вертикална или

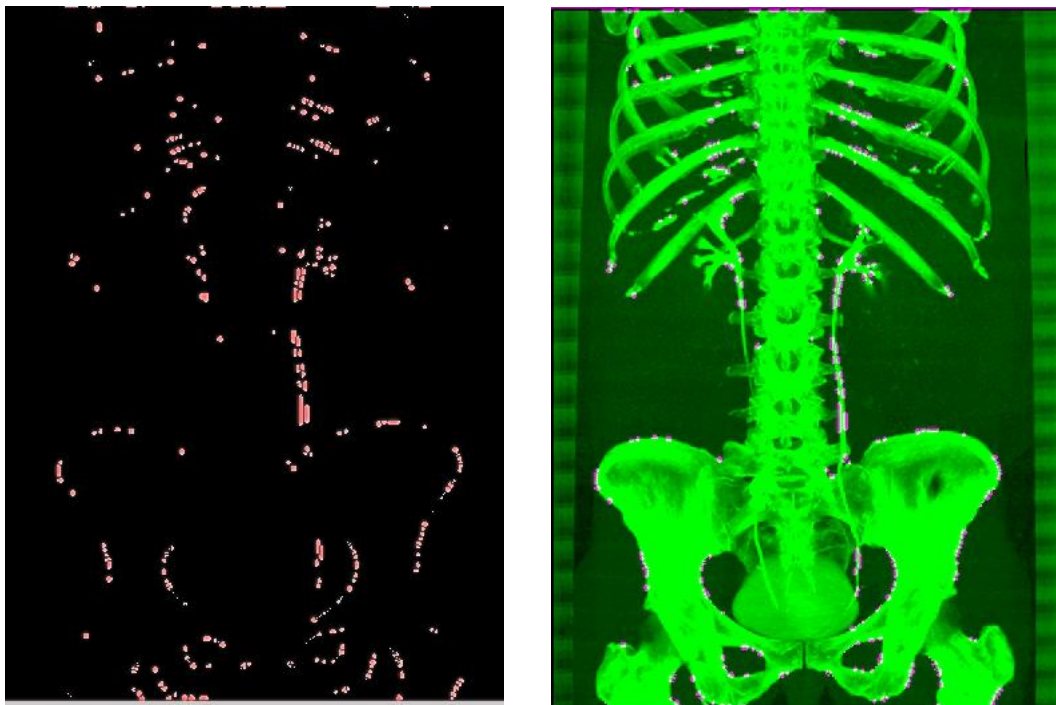


предефинирано во двете насоки. Осетливоста е вредност помеѓу 0 и 1 и означува колкав процент на пад на светлината да биде детектиран како линија, притоа, може да се конфигурира дали слабите линии да ги земе во предвид. Останатите алгоритми, исто така, дозволуваат да се дефинира праг на осетливост, притоа Sobel има дополнителни опции за нагонување.

```
razlikal=imsubtract(BW4,BW5);
%imshow(razlikal);
razlika=razlikal;
raz2 = bwmorph(razlika,'thicken');
raz3=bwmorph(raz2,'thicken');
```

**Слика 6-13 Детектирање аномалии во рендген слика**

На Слика 6-13 е прикажан дел од кодот кој врши анализа на сликата и ги наоѓа аномалиите. Се користи функцијата `imsubtract` која ја бара разликата помеѓу две слики. Така, променливата `BW4` ја содржи сликата со детектирани рабови, каде што се чуваат само линиите т.е. рабовите на оригиналната слика. Сликата која што е репрезентирана преку променливата `BW5` е слика на пациентот, каде што, нема никаква пукнатина ниту скршеница во скелетот. Сликата `BW5` ги содржи линиите на сликата за споредба. Потоа се повикува `bwmorph` функцијата која што прави морфолошка промена на сликата. Оваа функција како аргумент ја добива операцијата што треба да ја изврши за да направи морфолошка промена. Во скриптата, оваа функција врши здебелување на деловите во сликата каде што би имало аномалија или дисконтинуитет во коските.



**Слика 6-14 Детекција на аномалии со помош на споредба на слики**

На Слика 6-14 се прикажани крајните резултати од обработката на сликата. Тргувајќи од Слика 6-11 т.е. оригиналната слика, до сликата во лево на Слика 6-14, каде што е прикажано разликата помеѓу здравата слика и моменталното скенирање. Бидејќи резултантните линии се исто така бели, потребно е да се изврши бојење на линиите, така што, на Слика 6-15 е прикажан кодот за бојење на линиите од разликата помеѓу сликите. Сликата во десно прикажана на Слика 6-15 ги прикажува деловите каде што е настаната разлика т.е. каде е можна аномалија.

```

ch2=[1 0 0];
imHSV=rgb2hsv(NewI);
HSV1=rgb2hsv(ch1);
HSV2=rgb2hsv(ch2);
imgHUE=imHSV(:, :, 1);
imgSAT=imHSV(:, :, 2);
imgVAL=imHSV(:, :, 3);
difH=abs(imgHUE-HSV1(1));
difS=abs(imgSAT-HSV1(2));
difV=abs(imgVAL-HSV1(3));
dif=difH+difS*2+difV;
dif=min(dif,1);
dif=imfilter(dif,fspecial('gaussian',[10 10],2));
imgHUE=imgHUE.*dif+(1-dif)*HSV2(1);
dif=dif.^(1/2);
imgVAL=imgVAL.*dif+(1-dif)*HSV2(2);
imgSAT=imgSAT.*dif+(1-dif)*HSV2(3);

```

**Слика 6-15 Боење на линиите на разликата од сликите**

Како резултат на обработката на сликите се добива слика со задебелени делови за можна аномалија во скелетот на пациентот. Оваа слика се добива со спојување на оригиналната слика и добиената контура од можни фрактури т.е. аномалии. За таа цел се користи функцијата „imfuse“ која ги спојува двете слики во една. Резултатот од оваа функција предизвикува промени во сликата, при спојување на двете слики. Спојувањето на овие слики е дадено на Слика 6-16. Во променливата „rezultat“ се сместени црвените точки т.е. линии на можна фрактура, додека пак во променливата „II“ е сместена оригиналната слика.

```

rezultat= hsv2rgb(imHSV);
%figure, imshow(rezultat);
%II e originalnata dodeka pak rezultat e novata
C=imfuse(II,rezultat);
imshow(II);
figure, imshow(rezultat);
figure, imshow(C);

```

**Слика 6-16 Спојување на двете слики и приказ на резултантната слика**

Резултантната слика подлежи на дополнително стручно анализирање од страна на медицинско лице, бидејќи алгоритмот само детектира дисконтинуитет на линиите од томографската слика т.е. ги детектира кои се можните аномалии. Овие алгоритми можат да се користат при компјутерска анализа на медицински податоци и подобрување на дијагнози и навремено лекување, но сепак, крајната дијагноза мора да биде донесена од медицинско лице. Намената на ваквото автоматско обработување на слика не е да го замени специјалистот, туку да помогне во неговата работа.

Бидејќи рендгенските слики секогаш резултираат во црно-бела т.е. gray-scale тип на слика, во одредени делови на сликата, можно е да се појават сиви линии кои се дел од коската т.е. од скелетот на човекот. Доколку не се земат во предвид овие делови, резултантната слика може да покажува фрактури кои не постојат, поради тоа што, сивите делови не се земени во предвид, при анализа на контурата. За таа цел, се користи алгоритам кој ја анализира сликата преку разложување на нејзината мапа на бои. На Слика 6-17 е даден кодот за разложување на боите на сликата и анализа на сивите делови.

```

for i=0:255,
    for j=0:255,
        for k=0:255,
pixel = cat(3,i,j,k);
S = all(bsxfun(@eq, rezultat, pixel), 3);
count = nnz(S);
if count>0
display(i);display(j); display(k);
end
        end
    end
end

```

**Слика 6-17** Анализа на бои на оригиналната слика преставена преку променливата „rezultat“

Од сликата 6-17 може да се види дека се прави анализа на секој пиксел со секоја можна боја од спектарот т.е. променливите „i“ „j“ и „k“ се движат во опсег од 0 до 255. Доколку анализата резултира во вредност различна од 0 т.е. различна од белата боја, истата се прикажува на конзолна линија т.е. на екран. На тој начин се гледаат кои други бои се присутни и се коригира сликата „П“. Други бои што ги има во оригиналната слика се неколку варијации на сива почнувајќи од 158 до 174 и црната боја.

#### **6.4 Приспособување на мултимедијални медицински податоци со помош на компресирана видео содржина**

Начинот на кој ќе се кодира видеото, со цел да се постигне компресија, директно зависи од природата на видеото. Во ова истражување, за анализа на медицински видео материјал, користиме три типови на видео записи и тоа: ултразвук, ендоскопија и СТА скенирање на срцето. Ултразвук, како тип на видео материјал, е со понизок квалитет и нема брзо-променилива природа помеѓу последователни рамки. Ултразвук видео записот се состои од рамки, кои што, се добиени со контраст на сивата боја т.е. од бело кон црно, [52]. Голем дел од медицинските ултразвук скенери прават обработка на видеото преку воведување на сиви мапи, [53].

Бидејќи ендоскопијата, како техника, вклучува сонда, преку која се врши снимање на внатрешноста на дигестивниот тракт, квалитетот на сликата е подобар отколку кај ултразвукот. Дополнителна разлика е што сондата се движи низ дигестивниот систем и видеото може да има остри промени од една рамка до друга, што го прави видео записот со поголема динамика. Исто така, во денешно време, на ендоскопите се поставуваат камери кои снимаат со 1080p формат т.е. рамките на видеото се со висока дефиниција, [53,54].

Како трет тип на видео користиме генериран видео материјал од СТА скенирање на срцето, каде, со помош на луминисценти, кои што се додаваат во крвта за да можат потоа да бидат детектирани со помош на рендгенско снимање. Потоа, сликите од снимањето се испраќаат на дополнителен софтвер кој ги обработува и креира високо-квалитетно видео од срцето, и истото може да се ротира за 360 степени. Можноста за ротирање им нуди на докторите 3D приказ на срцето на пациентот. Карактеристично за овој тип на видео е неговата дефиниција и деталите од кои што се состои срцето.

#### **Параметри на кодирање**

Медицинските мултимедиски записи, иницијално не се компресирани или се компресирани со најниска можна компресија на H.264 (MPEG4 AVC). Во рамки на ова поглавје, го користиме софтверот Avidemux 2.6.12, и преку истиот правиме промена на параметрите за кодирање на медицински видео секвенци. Компресијата ја правиме со цел да ја намалиме големината на датотеката, за да истата се испрати побрзо низ мрежата, со што би се

намалило времето на чекање на докторот да го добие потребниот медицински видео запис за пациентот. Бидејќи претпоставуваме дека овие видео записи ќе бидат сместени и обработени во облак систем, параметрите кои што ги одбравме за анализа не се оптимизирани по време потребно за кодирање, туку само по ниво на компресија. Не ги земаме во предвид ресурсите на системот бидејќи сметаме дека има доволно ресурси за брзо кодирање, притоа, бројот на нитки кои што ќе се користат го поставуваме на автоматско одбирање т.е. да одбере колку што може повеќе нитки. Во ова истражување го тестираме максималното ниво на компресија што можеме да го добиеме, но, се уште да може медицинското видео да биде употребливо.

Опциите што ги нуди X.264 енкодерот вклучуваат контрола на ратата преку неколку различни режими. Во продолжение се дадени некои од режимите на кодирање:

- QP режим (константен квантизатор)
  - Кодира со постојан (константен) квантизатор, така што се одбира квантизатор а не бит-рата. Ако квантизаторот кажува колку податоци ќе бидат изгубени, тогаш повисока вредност на квантизаторот значи повеќе податоци ќе бидат изгубени, а со тоа и поголема компресија на видеото. Стандардот наложува вредности од 0 до 52, каде што предефинираната вредност е 26.
- CFR режим (константна рата – константен квалитет)
  - Режим сличен на QP, каде што се користи квантизатор, со таа разлика што, кај QP режимот, квантизаторот се зема директно, додека пак, кај CFR се прави усреднување на вредноста на квантизаторот со цел да се добие подобро кодирање од аспект на човечкото око. Тоа што прави овој режим е, го зема во предвид квантизаторот и креира рата која произлегува од квантизаторот.
- Битрата
  - Режим на кодирање, каде што, се наведува битратата на кодирање на видеото. На овој начин е многу полесно да се одреди големината на видеото бидејќи однапред се знае ратата. Може да работи до еден или два дела. Ако работи во еден дел (single pass) тоа значи дека врши кодирање во едно поминување на видеото, додека пак, ако работи во два дела (two pass), тоа значи дека првото изминување на видеото се прави за да предвиди битратата, а при второто изминување ја одредува просечна стапка на битратата кај одредени секвенци.
- Макроблок (MB контрола на ратата)
  - Прави предвидување на ратата со преглед на неколку рамки однапред т.е. ја следи пропагацијата (преносот) на информација помеѓу рамките низ видеото. Колку е поголема бројката на рамки кои ги користи, толку е подобро предвидувањето, но, за сметка на тоа, се зголемува и времето потребно за енкодирање со помош на оваа опција. Но, бидејќи во нашиот случај е побитно да се добие квалитетно видео што ќе зафаќа помалку меморија, а притоа имаме доволно процесирачки ресурси, ќе ја поставиме оваа вредност на максимални 40 рамки.

Стандардот H.264 заедно со неговата имплементација X.264 овозможуваат опции за предвидување на движењата во видеото. Кодирањето на видеото се прави со отфрлување на вишок информации помеѓу последователни рамки, притоа отфрлувањето се прави со помош на предвидување на движењата на објектите. Колку попрецизно е ова предвидување, попрецизно ќе биде отфрлувањето на информациите. Во овој дел се користат неколку алгоритми за предвидување и пребарување како што се: Дијамантско, хексагонално, нееднакво хексагонално и детално пребарување. Дијамантското пребарување користи четири-насочно пребарување на фигури (објекти), притоа нуди стандарден квалитет на видеото и доволно брзо се извршува. Хексагоналното пребарување користи шест-насочно пребарување на фигури, кое генерира видео со задоволителен квалитет (притоа компресирањето се извршува брзо). Како негово подетално пребарување се дефинира нееднаквото хексагонално пребарување, кое генерира високо-квалитетно видео, но за сметка на тоа бавно се извршува. Комплетна и детална анализа се прави со помош на деталното (Exhaustive) пребарување, каде што се користи Brute Force начин на пребарување. Овој начин на кодирање се извршува многу бавно (му е потребно

повеќе време за да пребара), а притоа е само за нијанса подобар од нееднаквото хексагонално пребарување.

Во рамки на имплементацијата на стандардот H.264 т.е. X.264 се дефинираат неколку параметри кои го дефинираат векторот на движење. Првиот параметар го дефинира опсегот на пиксели кои што ќе се анализираат. Поголем опсег значи подетална анализа, но со тоа се зголемува и времето потребно за анализирање на истото. Како и да е, при нагли движења во видео записот, овој опсег може многу да ја забави анализата, притоа истата мора да се ограничи со помош на дополнителни параметри. Исто така, земајќи во предвид дека анализата е детална, најчесто се користат повеќе нитки и паралелизација на истите.

Во рамки на Avidemux е дозволена опцијата на користење на Б-рамки при кодирање и анализирање на видеото. Овие рамки се користат при предвидливо пребарување, притоа рамките се двонасочни и ја содржат само информацијата што се променила помеѓу две последователни рамки. Во имплементацијата на X.264, исто така, е дозволена автоматско кодирање со Б-рамки (кодерот одредува кога и колку Б-рамки ќе користи), временско (го принудува да користи Б-рамки помеѓу соседни рамки) и просторно (принудува користење на предвидување на ниво на блокови во тековната рамка). Бројот на Б-рамки може исто така и рачно да се дефинира, притоа, користењето на повеќе Б-рамки го подобрува квалитетот на видеото и врши подетално кодирање, но за сметка на тоа се зголемува времето за кодирање.

## 6.5 Анализа, компресија и резултати

Во процесот на одбирање на параметрите кои ќе се користат за анализирање на видео секвенца и негово соодветно кодирање, во ова истражување се користат параметри кои што целосно ќе ја искористат пресметковната моќ на системот. Целта на изборот на овие параметри е да се покаже дека е потребно облак систем со скалабилни ресурси кој што брзо ќе одговори на барањата на корисниците (мобилните корисници). Анализата се прави врз медицински видео материјали, каде, компресијата се прави со цел да се намали големината на видео датотеката и истата да може побрзо да се префрли до мобилниот уред на корисниците кои што пристапуваат до облак системот. Ваквото кодирање често знае да додаде вишок информации во рамките, наречени артефакти, кои може да доведат до погрешни анализи од страна на медицински персонал, а со тоа и до погрешна дијагноза. За таа цел, дефинираме неколку различни сценарија на кодирање, каде резултантниот видео материјал се прикажува на медицински специјалисти во областа, кои треба да кажат кое сценарио е задоволително, а кое сценарио воведува артефакти кои може да доведат до погрешна анализа. Медицинските специјалисти најпрво го добиваат оригиналното видео (некомпресирано), па истото го споредуваат со останатите сценарија. Во Табела 6-1 се дадени параметрите кои се користени при кодирање на видео материјалите.

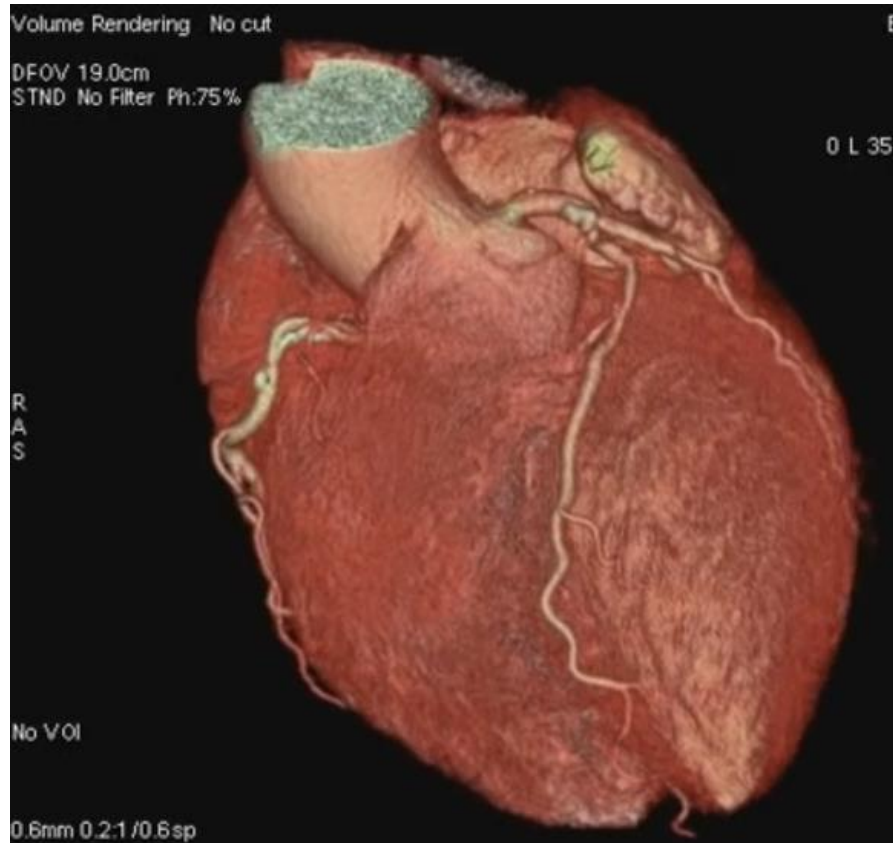
Табела 6-1 Различни сценарија на кодирање на медицински видео материјали

	Rate Control	MacroBlock Frame LA	Search	Vector	Prediction	B-frames
Сценарио 1	CRF 0	45	TESA	24	Spatial	16
Сценарио 2	CRF 10	40	ESA	20	Spatial	16
Сценарио 3	CRF 10	40	ESA	20	Auto	10
Сценарио 4	CRF 20	30	UMH	16	Temporal	10
Сценарио 5	CRF 20	30	ESA	16	None	10
Сценарио 6	CRF 25	30	ESA	10	Temporal	5
Сценарио 7	CRF 30	20	HEX	10	Spatial	16
Сценарио 8	CRF 30	20	HEX	10	Auto	10
Сценарио 9	CRF 20	20	DIA	5	Spatial	3

Параметрите на сценаријата се така одбрани, така што сценарио 1 има најмала компресија, додека пак сценарио 9 е со најголема компресија на видеото. Целта на компресијата е да се добие видео датотека која што ќе зафаќа помалку меморија, но притоа, квалитетот да биде запазен. Како што може да се забележи од Табела 6-1, во сценарио 1 се користат најмногу MacroBlock рамки, алгоритмот е TESA и користи 24 вектори на пребарување со 16 Б-рамки. Секое следно сценарио користи полоши параметри за кодирање, додека пак, алгоритмите за предвидување се менуваат наизменично низ сценаријата. Сценарио 7 и 8 прават исклучок за Б-рамките, каде што се користат повеќе Б-рамки.

Овие сценарија се користат за кодирање на три типови на видео материјали преземени од медицината. Првото видео е 3D репрезентација на човечко срце, видео материјал генериран со помош на Computer Tomography Angiography (CTA) скенирање. Стандардното Computer Tomography (CT) скенирање користи X-зраци и компјутерска програма (компјутерски алгоритми) за да генерира слики од телото. Овие слики се пресеци на различни нивоа, врз

основа на тоа до каде има продорност зракот и интензитетот на истиот. Од друга страна, СТА користи дополнително инекции, кои во телото донесуваат јодирана супстанца, која прави дополнителен контраст при СТА скенирање. На овој начин, се анализираат подетално крвните садови и дали има некаде прекин во истите. Со помош на СТА скенирања и 3D рендерирање е креирано првото видео, во кое се добива 3D објект на срцето, кој може да се ротира и приказ на крвните садови на истото. Со помош на ова видео ќе се анализира високо-квалитетно генерирано видео и како компресијата ќе влијае на деталите од истото (во случајот на крвните садови). На слика 6-18 е даден пресек на една рамка од видео секвенцата во некомпресиран формат.



**Слика 6-18** Некомпресирана рамка од видео секвенца од СТА скенирање на човечко срце

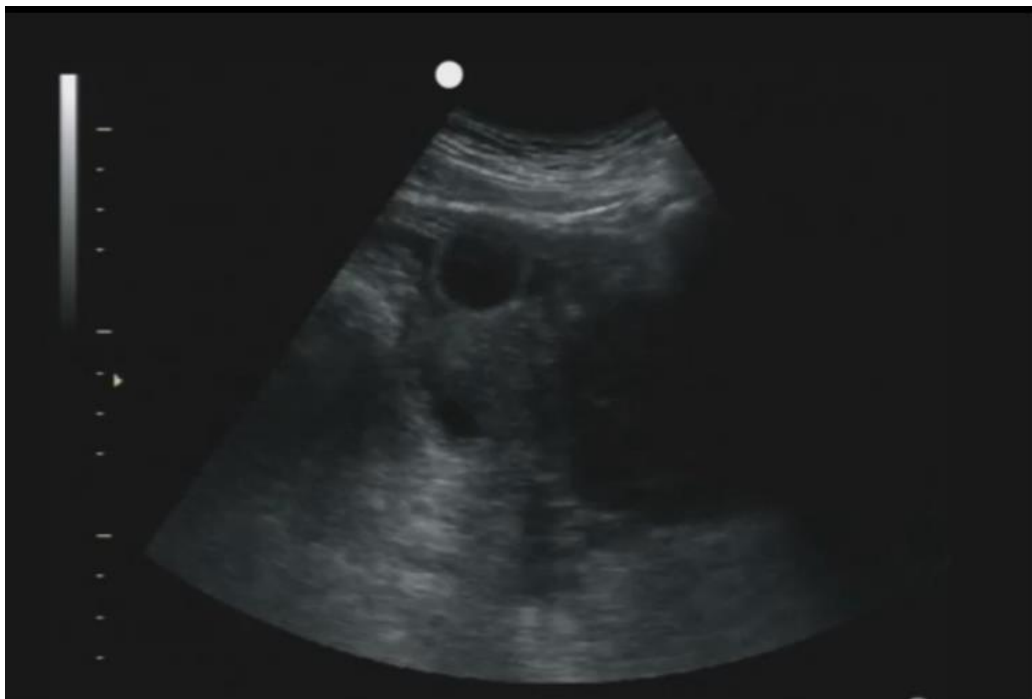
Втората видео секвенца е преземена од ендоскопска анализа на човечкиот дигестивен тракт. Оваа видео секвенца се прави со високо-квалитетна камера, која што, со помош на сонда се движи низ дигестивниот тракт на човекот и генерира високо-квалитетно видео. Ова видео има подинамични секвенци, каде што, се тестира кодирање на видео секвенцата при вакви услови. Дополнително, ова видео има најмногу рамки за кодирање т.е. трае подолго и притоа се тестира и времето потребно за кодирање и обработка на истото. Во ова видео се очекува да се јават најмногу артефакти при компресија, бидејќи осветлувањето на истото е намалено и има многу темни точки. На Слика 6-19 е прикажана една рамка од ова видео.





**Слика 6-19** Некомпресирана рамка од ендоскопска анализа на дигестивен тракт

Третата видео секвенца е од ултразвук, каде се генерира низа од рамки со сиви нијанси (grayscale). Со помош на оваа видео секвенца се тестира како компресијата на вакво видео влијае на квалитетот и до кој степен може да се компресира без да се наруши значително квалитетот на видео (се додека не се појават значителни артефакти). Појавувањето на артефакти во вакво видео може многу да ја наруши употребливоста на самото видео и да го наведе медицинското лице на погрешен заклучок. Бидејќи артефактите се најчесто сиви нијанси, многу е тешко да се препознае дали е артефакт или дел од оригиналното видео. На Слика 6-20 е дадена една рамка од ултразвук видео на желудник.

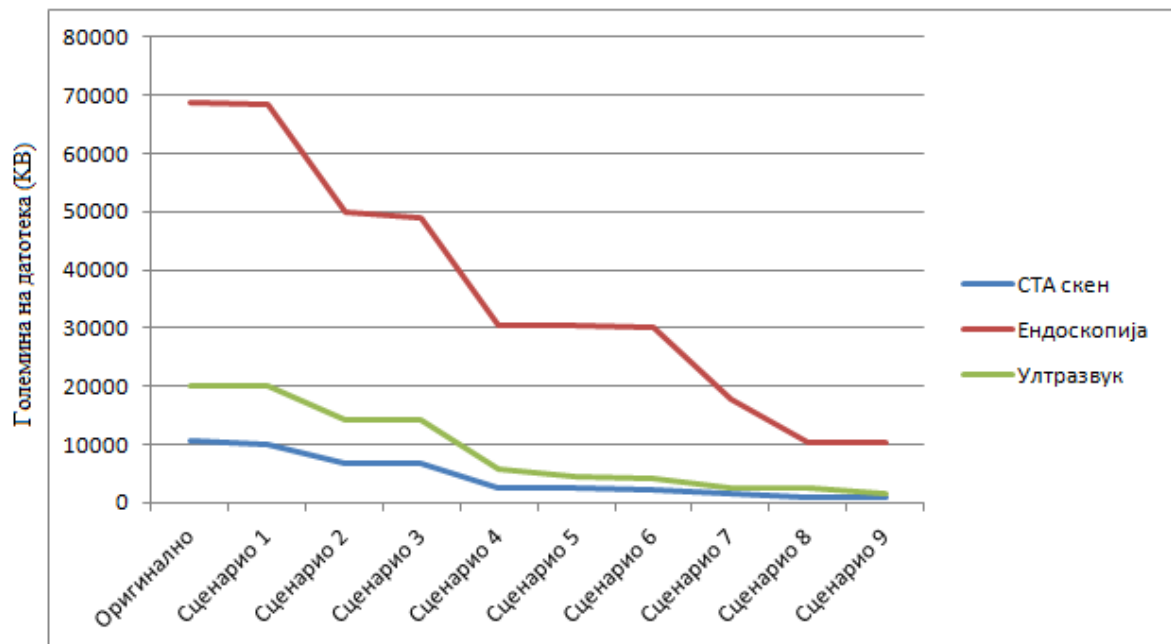


**Слика 6-20** Некомпресирана рамка од ултразвук видео секвенца на желудник

При компресија со различните сценарија се добива ново видео со различна големина и различен квалитет. Бидејќи тоа што сакаме да постигнеме е видео со помала големина, можеме



веднаш да заклучиме кое сценарио е подобро а кое полошо т.е. кое од сценаријата колкава големина на видео генерира и колку ќе биде промената од оригиналното некомпесирано видео. На Слика 6-21 е претставена споредбата на големината на видео материјалот при различни начини на компресирање за трите различни типови на видео материјали.



Слика 6-21 Менување на големината на видео датотеката наспроти различни техники на кодирање

Бидејќи квалитетот на видеото при кодирање не може директно квантитативно да се споредува, користиме дополнителен алгоритам за пресметка на Peak Signal-to-Noise-Ratio (PSNR), преку кој споредуваме каков е квалитетот на реконструкција на лоша компресија. За ваквата споредба се користат две слики. Сигналот кој што се донесува за споредба е оригиналната слика, додека пак, пресметката на шумот (Noise) се добива преку споредба со компресираната слика. Кога се споредуваат две слики, PSNR претставува апроксимација на квалитетот на реконструкција при компресија. Бидејќи во формулата се дели со средната рата на грешка (mean squared error), тоа значи дека, повисока вредност за PSNR е пропорционално со подобар квалитет.

```

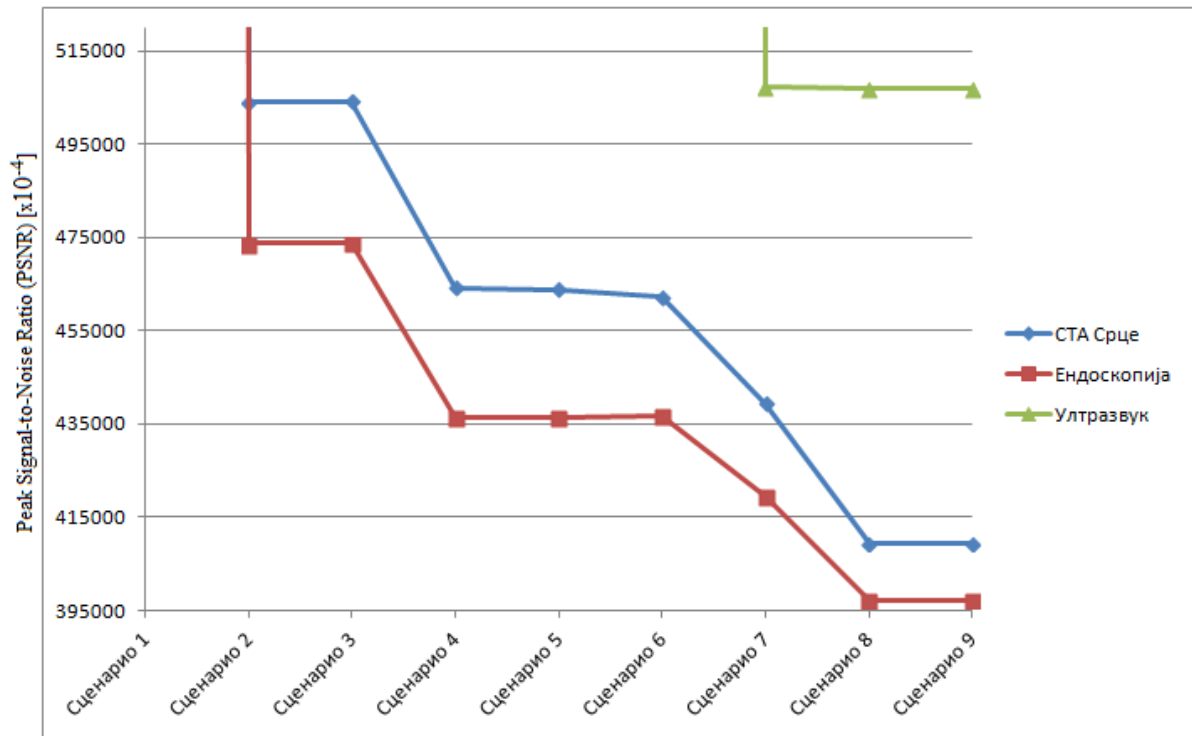
video1=VideoReader('UltrazvukMM\Ultrazvuk.mp4');
video2=mmreader('UltrazvukMM\Ultrazvuk07.avi');
br_ramki=video1.NumberOfFrames;
PSNR_Val = zeros(br_ramki,1);
for i = 1:br_ramki;
    ramka1=read(video1,i);
    ramka2=read(video2,i);
    PSNR_Value=PSNR_CALC(ramka1,ramka2);
    PSNR_Val(i)=PSNR_Value;
end
display(sum(PSNR_Val)/br_ramki);

```

Слика 6-22 Пресметување PSNR за видео секвенца

На Слика 6-22 е претставен кодот од MATLAB за пресметување на PSNR за видео секвенца. Бидејќи формулата за пресметување PSNR е дефинирана помеѓу две слики, мора да се напише дополнителен код кој ќе го прошири PSNR на видео секвенца, така што, се зема рамка по рамка од двете видео секвенци и се пресметува PSNR на две по две рамки. Потоа,

PSNR на целото видео се пресметува како средна вредност од PSNR на секоја рамка. На слика 6-23 е претставен графикот за PSNR на различните компресирања на видео секвенците кај трите типови на видео материјал. Оригиналното видео се споредува со различните сценарија на компресија и резултатот е вредност која што кажува колку е квалитетно видеото по компресија.



Слика 6-23 Peak Signal-to-Noise Ratio наспроти различните шеми на кодирање

Како што може да се види од Слика 6-23, сценарио 1 воопшто нема PSNR за ниту една видео секвенца, тоа е поради тоа што, сценарио 1 генерира видео секвенца идентична со оригиналното видео и затоа PSNR е во бесконечност, бидејќи средната рата на грешка е нула. Истото се случува и со Ултразвук видео секвенцата во првите 6 сценарија, каде компресијата генерира видео секвенца со идентичен квалитет како и оригиналното видео. Дури и сценарио 7, 8 и 9 се со висока вредност за PSNR, што значи дека, grayscale видеата можат лесно и ефикасно да се компресираат. Од Слика 6-23 може исто така да се види дека, квалитетот на видеото побрзо опаѓа со компресија на подинамични секвенци (како што е ендоскопијата). Со зголемување на ратата на компресија опаѓа и квалитетот на видеото.

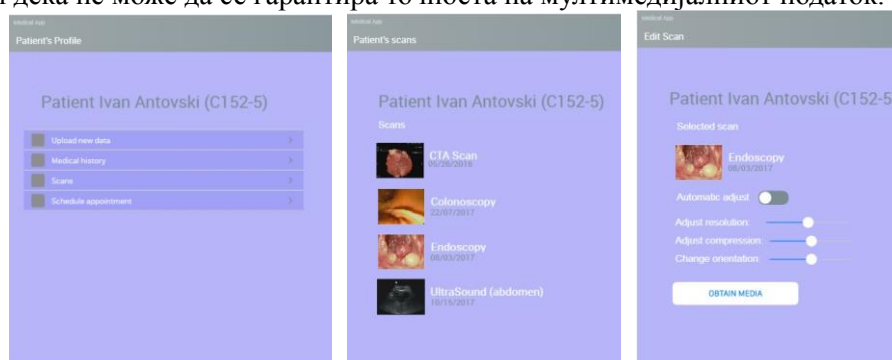
Кодираниите видео секвенци беа презентирани на медицинско лице кое работи како рендгенолог, притоа, задачата беше да се посочи кое од шемите (сценаријата) на компресирање генерираат прифатлива видео секвенца т.е. видео секвенца без значителни артефакти. При анализа на секвенците беше заклучено дека има разлика од кој тип е видеото, притоа, кај Ултразвук видеото сите сценарија генерираа прифатлива видео секвенца. Кај СТА видео секвенцата од човечко срце, значајни артефакти се појавуваат кај сценаријата 7, 8 и 9, додека пак, сценаријата од 1 до 6 генерираат солидна компресирана видео секвенца. За видео секвенцата од Ендоскопија, сценаријата 1, 2 и 3 генерираат компресија која што е најбезбедна да се користи. Доколку Ендоскопијата е рутинска (стандардна), тогаш може да се користат и сценаријата до 6, но сценаријата 7, 8 и 9 генерираат неприфатливи видео секвенци.

## 6.6 Интерактивно приспособување на мултимедијални медицински податоци

Во медицинскиот мобилен облак систем предложен во оваа дисертација, како што беше досега опишано, медицинскиот персонал може да побара пристап до медицински податоци на

некој пациент, притоа барањето за пристап може да пристигне од мобилни уреди со различни карактеристики на приказ и формат. Системот користи две нивоа на приспособување на податоците, и тоа автоматско и корисничко. Првото ниво е автоматското приспособување, каде облак системот добива информации од уредот во моментот кога се поднесува барање за пристап до податоци. Системот добива информации за големината на екранот на мобилниот уред, максимална резолуција и дефиниција што ја подржува, начин на кодирање и капацитет на мрежата. Како што веќе беше опишано, медицинските видео материјали се категоризираат како „тешки“ мултимедијални податоци, па затоа не евозможен брз трансфер на овие податоци до мобилниот уред. Врз основа на параметрите кои што се преземаат автоматски, системот може да направи автоматско приспособување и видео кодирање, опишани во [55] и [56]. Но, доколку капацитетот на мрежата е намален, тогаш видео материјалот мора да се компресира со повисока компресија, а тоа значи можност за воведување на артефакти. Но, од претходното поглавје, за различните типови на компресија воведуваме соодветен праг на компресирање, каде што облак системот не смее да користи компресија повисока од прагот. Со тоа сме сигурни дека медицинското видео ќе нема артефакти или ќе има задоволителен број на артефакти.

Второто ниво на приспособување се прави преку кориснички внесени параметри т.е. корисникот (медицинското лице) кое што бара пристап до медицинските податоци на пациентот, на сопствен ризик прави препокривање на автоматските параметри со сопствени вредности. Овие приспособувања корисникот (медицинското лице) ги прави преку MedApp апликацискиот интерфејс, притоа, доколку некој параметар ги надминува препорачаните граници, корисникот добива предупредување за можните последици. Имено, доколку медицинското лице побара видео секвенца која што е со пониска компресија, системот предупредува дека доколку се избере таа опција, дека медицинското лице можеби ќе треба да почека подолг временски период за да го добие посакуваниот податок. Исто така, доколку корисникот избере повисока компресија на видео материјал и истата ја надминува границата за појавување на артефакти, системот го предупредува корисникот за можноста за појава на артефакти и дека не може да се гарантира точноста на мултимедијалниот податок.

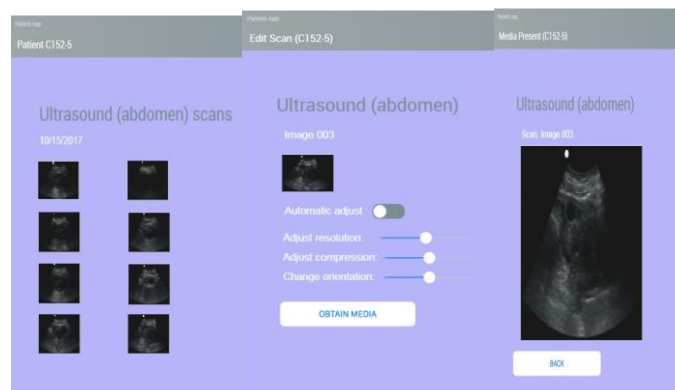


**Слика 6-24 Мобилен апликациски интерфејс за пристап до податоци од облак систем**

На Слика 6-24 (лево), може да се види почетниот прозорец на мобилната апликација, каде докторот може да прикачува нови податоци (нови информации) за даден пациент, да ја прегледа историјата на медицинските прегледи, да побара пристап до магнетна резонанса или компјутерска томографија или да закаже нов преглед за пациентот (доколку има потреба од тоа). На средната слика на Слика 6-24, е прикажан делот од медицинската мобилна апликација, каде што се листаат медицинските мултимедиски датотеки на пациентот (во конкретниот случај е пациент со број C152-5). Од овој прозорец, докторот може да побара пристап до даден мултимедиски податок и истиот да биде прикажан на неговиот мобилен уред. При иницијалниот пристап и автентификација на докторот преку неговата апликација, системот добива информации за автоматска обработка и приспособување на мултимедиски податоци кон неговиот уред преку карактеристиките на неговиот уред. Овие параметри се чуваат и повремено ажурираат за време на неговата сесија на пристап. Врз основа на овие параметри, системот го одбира најдоброто ниво на кодирање и формат на прикажување на мултимедијалните податоци. Во моментот кога докторот ќе побара пристап до конкретен мултимедијален податок, се припрема мултимедијалниот податок да биде пратен до мобилниот

уред, но, пред да се испрати, докторот добива можност да промени некои од параметрите, или да ги користи автоматските вредности, Слика 6-24, десно. Препокривањето на автоматските вредности значи промена на нивото на компресија, ориентација на мултимедијалниот податок и слично. Но, доколку се надминат некои граници, како што беше презентирано претходно, системот генерира предупредување за можните негативности на препокривање на автоматската обработка на мултимедијалниот податок.

Кога корисникот (докторот) ќе притисне на копчето за добивање на мултимедијалниот податок, во тој момент се прави приспособување на податокот и истиот се испраќа до мобилниот уред, каде што апликацијата го прикажува според бараниот формат. Доколку е селектирано автоматско приспособување, тогаш, системот прави наново пресметки за капацитетот на мрежата и компресираниот податок го испраќа до уредот. Во спротивно, облак системот го приспособување мултимедијалниот податок користејќи ги корисничките вредности за параметрите. На овој начин, системот го испраќа мултимедијалниот податок компресиран и приспособен според барањата на корисникот (притоа артефактите кои што можат да се појават при ваквиот начин на пристап до податоците се на одговорност на корисникот).



**Слика 6-25 Ултразвук видео запис приспособен според кориснички (пациентски) барања**

Пациентите, исто така, може да побараат пристап до мултимедијални податоци од нивниот профил преку PatientApp апликацијата. Начинот на кој што можат да испратат барање за некој мултимедијален податок од облак системот не се разликува од апликацијата на докторите. На Слика 6-25 е прикажано едно сценарио на пристап до Ултразвук мултимедиски податок од страна на пациент. Во ова сценарио, пациентот прави препокривање на автоматските вредности на параметрите со сопствени вредности.

## 7 Детектирање на рак на бели дробови со помош на двојно-конволуцска невронска мрежа

Стандардниот начин на лекување се базира на анализа на симптомите, каде, преку познати дијагнози, се одредува најблиската сличност, така што, се одредува дијагнозата на пациентот. Овој начин вклучува мерење, анализа и, доколку е потребно, дополнителна (попрецизна) анализа од специјалисти и/или медицински уреди (скенери, сонди и слично). Во денешно време, концептот на „прецизна медицина“ се обидува да го реши проблемот на „скршената“ претстава за био-медицинските податоци. Иако, тие во последно време, се доста големи на број, сепак, начинот на кој истите се генерираат, зачувуваат и испорачуваат до медицинските лица, може да влијае на дијагнозата и евентуално да го насочи медицинскиот персонал на погрешно мислење. Постојат неколку начини на надминување на проблемот на „скршената“ претстава за био-медицинските податоци што се јавува кај медицинските лица, притоа, најчесто користен методот е методот на креирање на насочени прегледи (фокусирање на пациентот) и зачувување на дигиталните податоци во централизиран онлајн систем, [72]. Европската Медицинска Асоцијација, Светската Здравствена Организација, и Асоцијацијата на Соединетите Американски Држави прават анализи кои докажуваат дека има голем пораст на пациенти дијагностицирани со рак на белите дробови во Соединетите Американски Држави и Европа, со што, ракот на белите дробови го означуваат како една од водечките причини за смрт на овие два континенти, [73].

Најновите истражувања и достигнувања во областа на длабоко учење и длабоки невронски мрежи (Deep Neural Networks – DNN), покажуваат голем напредок во делот на препознавање на слика и класифицирање на истите. Со користење на длабоките невронски мрежи, можеме да препознаваме облици и шаблони, притоа, може да пребаруваме еден исти шаблон или повеќе различни шаблони (со користење на истиот алгоритам). Тренирањето на невронската мрежа начесто има потреба од податочна множество кое што е претходно класифицирано и означено, така што, алгоритмот ќе може да учи како да препознава шаблон, и врз основа на препознатото, да направи класификација.

Невронските мрежи заедно со длабокото учење, најчесто се користат при работа со слики, препознавање на шаблони во слика и класифицирање на слики. Причината за ова произлегува од користењето на повеќе слоеви, каде што секој еден слој може да изолира одредени карактеристики на сликите и да се анализираат независно (до одреден степен независно). Исто така, имплементацијата на алгоритмот за длабоки невронски мрежи е оптимизиран при извршувањето и притоа може паралелно да се извршува на графички процесори.

Но, покрај длабоките невронски мрежи, има и останати изведени методи за работа со слики и тоа поклопување со шаблони (Template Matching), векторски машини (Support Vector Machine), длабока Болцманова мрежа со ограничувања (Deep Restricted Boltzmann), пласт од автоматски енкодери (Stacked Autoencoders) и длабоки конволуциски мрежи (Deep Convolutional Networks), [72], [73]. Конволуциските длабоки невронски мрежи (Convolutional Deep Neural Networks) покажале дека имаат подобри перформанси отколку стандардните длабоки невронски мрежи, [75]. Авторите во [94] користат cifar-10 и mnist податочни множества за да ја тестираат стандардната длабока невронска мрежа со конволуциската длабока невронска мрежа. Во [94], авторите ги мапираат слоевите на невронската мрежа со динамична слика, притоа, резултатите покажуваат како бројот на слоеви на мрежата влијае на препознавање и класифицирање на динамична слика.

Потоа, авторите во [95] користат модифициран AlexNet модел на мрежа, во кој, наместо да користат пропагирање на грешката наназад, тие користат ненадгледувано учење со помош на машини со расеани автоматски енкодери (Sparse Autoencoder Machine). Со користење на овие автоматски енкодери, може да се забрза ратата на успешност при учењето на длабоката невронска мрежа до 90.1%. Во [95] и [96], Авторите тренираат и тестираат конволуциска длабока невронска мрежа, каде, авторите ја тренираат и тестираат мрежата со

помош на Synthetic Aperture Radar (SAR) слики, притоа, алгоритмот ги класифицира сликите во претходно одредени класи.

Препознавањето на карактеристики во рамки на слика и класифицирање на истата со помош на длабока невронска мрежа, како метод, може да се употреби во различни медицински области. На пример, авторите во [97] работат на истражување за препознавање и дијагностицирање на Алцхајмер во мозокот, и притоа, се обидуваат тоа да го дијагностицираат во рана фаза. Авторите во овој труд користат функционална компјутерска томографија (functional Computed Tomography – CT) тип на податоци за тренирање и тестирање на моделот на длабока невронска мрежа. Поради природата на сликите, во ова истражување, авторите користат само еден слој во мрежата. Во рамки на истражувањето во [98], се прави компаративна анализа, која што вклучува анализа на параметрите на невронската мрежа и како истите влијаат на процесот на тренирање и класифицирање на слики од рак на бели дробови. Авторите на трудот користат 450 слики од 5 пациенти, чии што слики се претходно означени и класифицирани од страна на медицински лица како слики од пациенти кај кои што е дијагностицирано рак на бели дробови или слики од пациенти кои што немаат рак. Во трудовите [99– 112], авторите одделуваат помали слики од белите дробови во големина од белодробни нодули, притоа, истите ги користат за тренирање на длабоката невронска мрежа. Во рамки на истражувањето се вклучени слики од 20 пациенти, кои вкупно имаат 3500 слики од белодробни нодули. Овие слики од нодули се користат за да се креира вектор на карактеристики, кој потоа се користи за тренирање на мрежата. Во [113], исто така се користат слики од белодробни нодули, притоа, се користат 304 слики за тренирање на делумно поврзана мрежа со повеќенивовско откривање (multiple resolution residually connected network).

При работа со невронски мрежи, предизвик е да се користат „тешки“ мултимедијални податоци (слики) за класифицирање. Но, во [114] и [115], авторите користат потпомогнато учење на 3D конволуциска невронска мрежа, каде што, влезниот вектор е 3D објект, кој што се користи за тренирање на длабока невронска мрежа и детектирање на рак на бели дробови.

Иако, при тренирање на длабока невронска мрежа, најчесто се користат слики од компјутерска томографија (висока дефиниција, сепак може да се појават артефакти (лоши пиксели во сликите). Во [116–119], авторите користат техника на дефиниција на праг, со кој што се обидуваат да ги намалат артефактите во слики од компјутерска томографија. Оваа техника ги отстранува несаканите врвови од пиксели во сликите од пациенти кај кои е дијагностицирано рак на бели дробови (кои што се најчесто нијанси на сиво - grayscale). Ова значи дека, медицинскиот персонал ќе добие на располагање за анализа слики од компјутерска томографија со помалку артефакти. Во [116] и [117], авторите користат MATLAB алгоритми за претпроцесирање на сликите и отстранување на артефакти. Авторите во [118] и [119], во истражувањето прават експерименти со 30 и 50 слики од пациенти кај кои е дијагностицирано рак на бели дробови, и врз основа на статистичка анализа, го одредуваат прагот со кој ќе го отстранат шумот од сликите, а со тоа и артефактите. Во [120], се користи техниката на праг за отстранување на артефакти кај слики во боја (RGB).

Друг метод на детекција на прагот за намалување на артефакти е Отсу методот (Otsu) на бинаризација. Во [121] и [122], авторите најпрво го користат Отсу методот за да го одредат прагот, а потоа повторно користат статистичка анализа за приспособување и оптимизирање на истиот. Со користење на оваа оптимизирана вредност на прагот, се отстрануваат врвовите од пикселите, така што, сликата има помалку шум (а со тоа помалку артефакти). Авторите користат едно- и дво-нивовски Отсу метод на детектирање на прагот и истиот го тестираат на 2D и 3D слики. За разлика од истражувањата во [116–122], метод опишан во оваа докторска дисертација врши детекција на прагот, притоа прагот е дефиниран како детектирање на Tx фазата во која нашиот алгоритам ќе детектира можност за рак на бели дробови.

## 7.1 Класификација на медицински слики и постоечки решенија

Соодветно тренирана длабока невронска мрежа најчесто добива што е можно поголемо множество на податоци и има потреба од приспособување на голем број на параметри, притоа, се добиваат гранични резултати (под услов алгоритмот да не се преоптовари). Бидејќи е

тешко да се добие пристап до големо множество на медицински слики и податоци, потребно е да се користат други методи за тренирање на невронските мрежи. Во [123], авторите користат активно учење со цел да го олеснат процесот на обработка на податочното множество, односно, да го олеснат процесот на селектирање и класифицирање на сликите пред истите да бидат искористени за тренирање. Авторите во овој труд користат шема на тренирање во повеќе нивоа за да го избегнат преоптоварувањето на мрежата, што значи дека почнуваат со помало множество на податоци и го редуцираат до точка во која што веќе нема да има преоптоварување. Во секој чекор од нивоата, се предвидува количеството податоци што може да се искористи и се проверува со секое одделно предвидување дали ќе настане преоптоварување.

За да може да се тренира мрежата со „тешки“ мултимедијални податоци, мрежата мора да се дефинира со повеќе влезни јазли кои што ќе ги препратат податоците во внатрешноста (следното ниво). Во [124] и [125], авторите користат големи медицински слики од тип Computer-Aided Detection (CAD) и 3D слики од пациенти кои им е дијагностицирано рак на бели дробови, и истите ги користат за да ги класифицираат. За да може да се постигне ова, тие користат U-Net LUNA 16 означени податочни нодули и истите ги праќаат низ мрежата. Нодулите што ги користат за тренирање и тестирање на мрежата се впрочем помали делчиња од објектот, кои што претходно се означени од страна на медицинско лице како малигни или не. Со користење на белодробните нодули, сликата не се зема во целост туку само одделните делови од истата, кои што се мапирани директно како јазли од мрежата.

Сликите може да се класифицираат (со помош на конволуциска длабока невронска мрежа) на повеќе начини и во повеќе класи (не само како слики на пациенти кај кои е дијагностицирано рак на бели дробови или не е дијагностицирано). Во [126] и [127], авторите користат флуороредоксиглукоза емисија на позитрони при креирање на томографска слика (FDG-PET) за одредување на T<sub>x</sub> фазата на ракот. Авторите дефинираат 4 класи на класифицирање, фазите T1–T4 на ракот и одредуваат во која фаза од ракот е сликата. Како проширување на ова истражување е истражувањето во [127], каде дополнително користат CAD слики и истите ги споредуваат со резултатите од FDG-PET.

Во ова поглавје е предложен класификатор на медицински слики од рак на бели дробови, кој што подлежи на алгоритмот за конволуциски длабоки невронски мрежи. За тренирање и тестирање на овој систем се користат слики од компјутерска томографија, кои што претходно се класифицирани како слики од пациенти кои што им е дијагностицирано или не им е дијагностицирано рак на бели дробови (од страна на медицински лица од одделот на онкологија). Слично како авторите Станитсас и Шериан во [123], се прави пред-класифицирање на медицинските слики, но во нашиот случај, сликите се пред-класифицирани во класи, каде што секоја класа е дефинирана како посебен пресек (ист агол на сликање) на сликите. Овој систем е тестиран со користење на пред-класифицираните слики и притоа истиот треба да се користи за препознавање (класифицирање) на слика која однапред не знае дали може да се дијагностицира рак или не. Слично како и авторите во [124] и [125], во ова истражување сликите се делат на помали делови (со користење на конволуцискиот слој). За разлика од [124] и [125], алгоритмот опишан во истражувањето на крајот од конволуцискиот слој сепак ја зема во предвид целата слика (за да не се изгубат меѓуповрзувањата помеѓу помалите слики). Во овој слој се прави зголемување на бројот на слики за да може подетално да се пребара, но, потоа се прави намалување на множеството на слики преку max-pooling (за да се избегне преоптоварување). Во момент кога иницијалната рата на успех на тренирањето е задоволителна (фит вредност), топологијата се зачувува и дополнително се тестира асинхронно на множество од податоци различно од тоа за тренинг и тестирање. Ова множество на слики, покрај тоа што е непознато за алгоритмот, дополнително е класифицирано во три фази, фазите II, III и IV. Алгоритмот опишан во истражувањето, за разлика од алгоритмите во [126] и [127], ги користи овие три фази на рак на бели дробови и одредува во која од овие фази, алгоритмот ќе детектира можност за рак кај томографските слики од пациентите.

## 7.2 Класификација на медицински слики со помош на двојна конволуција на невронски мрежи

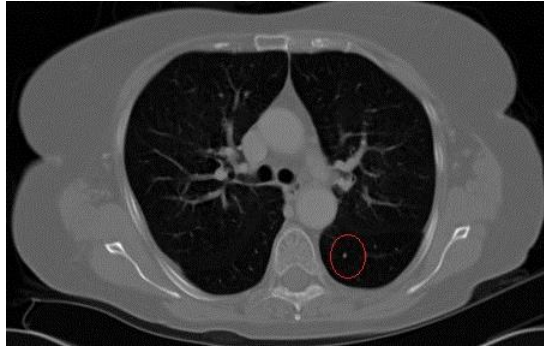
Препознавањето на слики со помош на длабоки невронски мрежи, најчесто се сведува на класифицирање на слики, така што, невронската мрежа се тренира да може да класифицира слики во предефинирани множества или класи, [128]. Во најосновна смисла на зборот, се користи за одредување дали нешто е препознаено или не. Во нашиот случај, тоа што треба да го препознае алгоритмот е дали на сликата може да се детектира можност за рак на бели дробови или не. Поради ова, излезното множество на класифицирање се состои од две класи, и тоа: Да (има рак) и Не (нема рак). Невронската мрежа треба да се тренира пред истата да може да се користи за класификација на слики. Процесот на тренирање, како влезен параметар, добива низа од влезни податоци, кои што се праќаат на мрежата. Потоа, резултатот што се добива од анализата се споредува со очекуваниот резултат и се анализира грешката која што настанала. Во нашиот случај, влезните податоци се листа од слики од компјутерска томографија на белите дробови, така што, влезниот слој може да има онолку јазли колку што е големината на сликите. Поради ова, влезниот слој може има многу јазли, кое може да доведе до побавно тренирање и мрежата може да се преоптовари. Поради тоа, воведуваме дополнителни слоеви (на пример: max-pooling), кои што го намалуваат влезното множество на податоци. Излезот од мрежата може да се дефинира како единечен јазол (0/1) или низа од јазли. Во нашиот случај, излезниот слој има еден јазол, чија вредност е децимална бројка во опсег од 0.0 до 1.0 (така што 0.0 значи дека нема рак, додека пак 1.0 значи дека има рак).

### 7.2.1 Подготовка на податоците

Подготовката на податоците е битен дел од тренирање на длабоката невронска мрежа, притоа, во нашиот случај, се прави во неколку нивоа. Множеството на слики кое што го користиме за тренирање на мрежата е преземено од податочната архива на Универзитетот во Јужна Каролина, Соединетите Американски Држави, University of South Carolina and the Laboratory of Neuro Imaging (LONI – [ida.loni.usc.edu](http://ida.loni.usc.edu)). Овие слики се анализирани и класифицирани од страна на медицинско лице (класифицирани како слики на пациенти со рак и слики на пациенти без рак). Потоа, овие наоди, дополнително се потврдени со правење на биопсија на ткивото на белите дробови. Со биопсијата се воведува дополнителна сигурност во резултатите, притоа, се елиминира неправилно пред-класифицирање на сликите. Почетното податочно множество се состои од слики од компјутерска томографија на белите дробови. Кога даден пациент прави анализа на белите дробови преку компјутерска томографија, скенерот зема повеќе слики од белите дробови, притоа, секоја една слика е од различен агол т.е. претставува различен пресек на белите дробови. Овие слики се нарекуваат пресеци (различен дел/агол од белиот дроб). Поради тоа, едно скенирање на белите дробови резултира со повеќе слики, притоа, секоја една слика има сопствен агол на сликање. Најпрво, податочното множество се дели на два дела: првиот дел ги содржи сликите на пациентите кои имаат рак на бели дробови, а вториот дел ги содржи сликите на пациентите кои што немаат рак на бели дробови. Потоа, сликите на двата дела дополнително се сегментираат и се делат на групи, каде што, секоја една група содржи слики (пресеци) од истиот дел на белиот дроб, само на различни пациенти.

Почетното множество содржи слики на 95 пациенти, каде што, секој еден пациент го има поминато процесот на скенирање. Еден процес на скенирање генерира 64 слики (пресеци) од компјутерска томографија на градите на пациентот. Ова значи дека почетното множество на слики има 6080 слики кои што длабоката невронска мрежа ги користи за тренирање и тестирање. Една ваква слика (пресек) е прикажана на Слика 7-1. Потоа, овие слики се означени од медицинско лице како канцерогени или не, така што, сите слики се делат на две множества. Во нашиот случај, имаме 73 пациенти кои што имаат рак (класа 1) и 22 пациенти кои што немаат рак (класа 2).

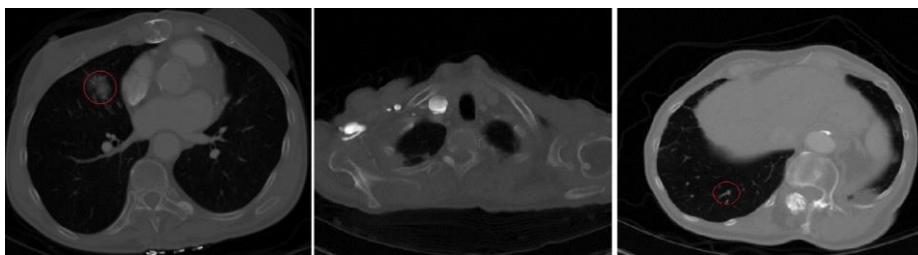




**Слика 7-1 Слика од компјутерска томографија, предкласифицирана од медицинско лице и потврдена со биопсија дека пациентот има рак на белите дробови**

Потоа, потребно е дополнително поделување на сликите од двете купчиња во групи, каде што секоја група ќе ги групира сликите (од исто купче) според делот од белиот дроб од кој што се снимани (аголот на снимање на градниот кош). На овој начин, секое едно од купчињата дополнително се сегментира (групира) и добива по 64 групи на слики, каде што, во секоја една од групите се предкласифицирани сликите кои што се од ист агол снимани. Поради тоа, во нашиот случај, секое едно од групите во купче 1 ќе има по 73 слики (бидејќи имаме 73 пациенти во тоа купче) и 22 слики во второто купче. Пример за тоа како изгледаат слики од различен агол снимани, се прикажани на Слика 7-2. Средната слика од Слика 7-2 е од пациент кој што нема рак, додека пак, останатите две се слики на кои што има рак и истите се означени со црвено.

Креирањето на купчињата на сликите се прави со цел да се креираат позитивни и негативни слики за тренирање и тестирање на мрежата. Но, креирањето на групите се прави со цел да се фокусира класифицирањето на сликите со помош на невронската мрежа, каде што, ќе може да споредуваат слики кои што се од ист агол снимани. Групите се креирани со помош на K-means (K средна вредност) алгоритмот, кој што, сликите ги групира во соодветната група на пресеци. Причината зошто користиме K-means кластерирање е, фактот што сликите кои што излегуваат од скенерот (во зависност од скенерот) може да бидат со 16-, 32-, 64-, 128-, 256- и 320-пресеци на едно СТ скенирање. Ние користиме број на пресеци од 64, бидејќи најголем дел од скенирањата беа направени со 64 пресеци. Доколку има пациент кој што направил скенирање со помалку од 64 слики, K-means алгоритмот ги дуплира сликите и соодветно ги копира во соодветната група.



**Слика 7-2 Различни агли на слики од компјутерска томографија на пациенти со дијагностициран рак на бели дробови**

Бројот на пресеци го дефинира растојанието помеѓу една скенирана слика (пресек) до другата. Доколку има повеќе пресеци при едно скенирање, растојанието помеѓу две последователни слики од скенирањето ќе биде помало, но, за сметка на тоа, ќе добиеме повеќе информации (повеќе слики). Исто така, еден скенер од еден производител може да ги зачувува сликите од скенирањето на еден начин (од прва до последна или обратно) или да ги зачувува во сопствен формат на името и редоследот на сликите. Ова претставува проблем дури и да бидат две скенирања од по 64 пресеци, сепак сликите од различни скенери нема да може да се групираат едноставно. Од овие нерегуларности во процесот на скенирање доаѓа потребата од

користење на K-means алгоритмот. Поедноставниот начин на справување со овој проблем е да ги отфрлиме сликите кои што не се во складност со некој референтен (наш одбран) скенер. Но, како што веќе беше напоменато дека, од една страна, пронаоѓање на медицински слики е доста тежок процес, а од друга страна, невронските мрежи имаат потреба од поголемо множество на податоци за тренирање и тестирање, со цел да се направи класифицирањето попрецизно. Алгоритмот K-means, кој што ние го користиме, е прикажан со Равенка (1).

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2 \quad (1)$$

Во Равенка (1), “k” е бројот на групите (во нашиот случај 64), и ние правиме околу n=100 сценарија на тестирање за тоа каде треба да биде ставена сликата. Повеќе сценарија на тестирање (n- параметар) значи дека правиме попрецизно предвидување за тоа каде треба да биде пред-класифицирана сликата. Во нашиот случај, при повеќе пресметки и предвидувања, беше заклучено дека над 100 сценарија на тестирање, вредноста конвергира кон истата група. Поради тоа, бројот на сценарија на тестирање го ограничивме на 100.

Сликата која што сакаме да ја класифицираме е дефинирана преку променливата  $X_i$ , и истата се споредува со секоја од можните групи,  $C_j$ . Дефинираме референтна слика од групата на пред-класифицирање на сликите,  $C_j$  и ја користиме оваа слика за пресметка на разликата помеѓу таа слика и новата слика која се обидуваме да ја класифицираме. Во нашиот случај, за одредување на разликата помеѓу сликите користиме Евклидово растојание (Euclidean distance)  $|X_i - C_j|$ , преку кое, се обидуваме да ја кластерираме новата (непозната) слика  $X_i$ . Бидејќи Евклидовото растојание е најкратката разлика помеѓу две точки, ние ја пресметуваме најмалата разлика помеѓу две слики т.е. сликата која што ја кластерираме и референтната слика од даден кластер. Од друга страна пак, растојание помеѓу две слики е впрочем разликата помеѓу нив т.е. колку се блиску нивните матрици на приказ. Овој индекс на сличност го дефинираме помеѓу две grayscale слики (Python функција `compare_ssim` од `skimage Python` пакетот на функции). Оваа функција го враќа резултатот од споредбата т.е. ја враќа разликата помеѓу двете слики. Сликата што треба да се кластерира  $X_i$  се споредува со референтните слики на сите 64 кластери и се кластерира во оној со кој има најмалку разлики.

Дополнително, при дефинирање на моделот и поврзувањето на невронската мрежа, податочното множество се дели на дополнителни два дела: дел за тренирање на невронската мрежа и дел за тестирање. Во нашиот случај, користиме 90% од сликите за тренирање и 10% од сликите за тестирање. Податоците се земаат од множеството на слики и се делат на множество за тренирање и множество за тестирање т.е. подмножества  $[X, Y]$ . Секое едно од подмножествата е проследено со вектор на вредности составен од 0 и 1, каде што се кажува кои од сликите се со рак а кои се без рак. На крај, пред да се почне тренирање и тестирање на моделот, сликите се преуредуваат и конвертираат во бинарна матрична класа и се испраќаат на влез на невронската мрежа.

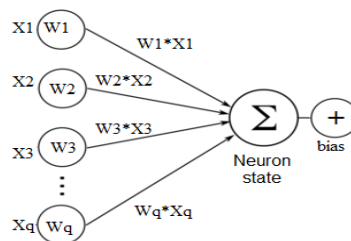
### 7.2.2 Дефинирање, тренирање и тестирање на длабоката невронска мрежа

Откако ќе се спремни сликите за тренинг-тестирање на невронската мрежа т.е. се во форма на бинарна матрица, истите можат да се пратат на влез на мрежата. Но, мрежниот модел мора да се дефинира и креира пред истиот да се тренира, а тоа се прави со дефинирање на слоевите, врските помеѓу нив и дефинирање на параметрите. По дефинирање на податочното множество во претходното поглавје, следен чекор е да се дефинираат слоевите од кои се состои длабоката невронска мрежа. Внатрешните слоеви на невронската мрежа се дефинирани од еден конволуциски слој, проследен од слој за намалување на податоците преку `max pooling`. По овие два слоеви, следи слој на двојна конволуција (или две конволуции една по друга), проследени со дополнителен `max-pooling` слој. Првиот конволуциски слој се користи за да се направи почетна сегментација (поделување) на сликите и дефинирање на меѓу-врските т.е. меѓуповрзувањата на јазлите. Потоа, потребно е да се намали големината на јазлите преку `max-`

pooling слој (за да се избегне преоптоварување). Втората и третата конволуција се прави со цел да може да се направи подетално пребарување на проблемот (во нашиот случај ракот) и притоа да се добие попрецизна информација за тоа каде би можел истиот да се наоѓа. Поврзувањата помеѓу конволуциските слоеви и длабоката невронска мрежа се претставени со Равенка (2). Оваа равенка дефинира како состојбата на еден изолиран неврон се пресметува со помош на конволуција, доколку има  $q$  влезни врски (влезови).

$$F^H = \sum_{i=1}^q W_i * x^i + b \quad (2)$$

Можеме да видиме од Равенка (2) дека состојбата на еден неврон при конволуција се претставува со  $F^H$ , притоа имаме  $H$  филтрирани слики, кои што користат филтер  $W$  и фактор на пристрасност  $b$ . Факторот на пристрасност (bias)  $b$  може да има вредност 0 или 1, која што кажува во мрежата дали да го вклучи влијанието на тој неврон  $x^i$ . Вредноста  $x^i$  е вредноста на јазолот во претходниот слој, кој што се поврзува со  $i$ -тиот јазол од тековниот слој. Равенката (2) е илустрирана на Слика 7-3.

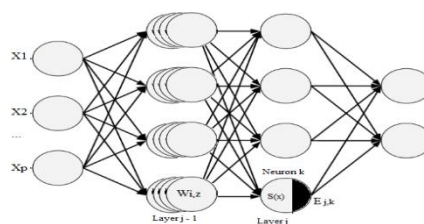


Слика 7-3. Пресметување на состојбата на еден изолиран неврон

Пресметката на врската помеѓу конволуцијата и длабоката невронска мрежа дополнително е објаснета со Равенка (3). Равенка (3) е всушност Равенка (2) со додаток дека во Равенка (3) овој неврон е дел од скриен слој од невронската мрежа, на кој што излезната енергија му е дефинирана како  $E_{j,k}$  и истата се пресметува како:

$$E_{j,k} = \sigma \left( b + \sum_{i=0}^q \sum_{z=0}^l w_{i,z} * X_{ii,zz} \right) \quad (3)$$

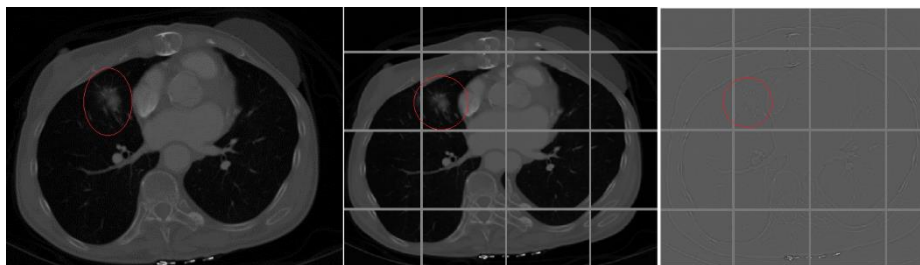
каде што излезната енергија на невронот е означена со  $E$  и истата се пресметува за невронот  $k$  во слојот  $j$  на длабоката невронска мрежа, притоа  $\sigma$  (sigmoid) се користи како функција за пресметка на вредноста на празнење (fire) на невронот. Во овој дел, исто така се користи факторот на пристрасност  $b$ , тежините на меѓуповрзување на секој неврон во слојот  $j-1$  означени како „ $w$ “, притоа, оваа вредност се конволуира со вредноста од претходниот слој, означена во равенката со „ $x$ “. Променливите „ $q$ “ и „ $l$ “ ја претставуваат големината на влезната матрица на размена, заедно со влезните тежини  $W$ , притоа „ $ii$ “ и „ $jj$ “ се индексите на влезната активација на позиција  $(j+i,k+z)$ . Пресметката на излезната енергија, означена со  $E_{j,k}$ , е илустрирана на Слика 7-4.



Слика 7-4 Пресметка на излезната енергија на невронот  $k$  во слојот  $j$  во повеќе-слојна невронска мрежа

Кога податоците ќе поминат еднаш низ мрежата (во процесот на тренирање), факторот на пристрасност може да се пресмета попрецизно и врската помеѓу јазлите да биде коригирана и приспособена. Што прави конволуцијата на една слика од множеството на слики е прикажано на Слика 7-5.

Како што може да се види на Слика 7-5, сликата дополнително се дели на помали делови, притоа, тие делови мора да се препокриваат, со цел да не се прави остро делење. На овој начин, алгоритмот ќе може да се фокусира (изолира) на одреден дел од сликата и да го искористи тој (помал) дел од сликата за пребарување на даден шаблон. При дефинирање на конволуциската длабока невронска мрежа, се дефинираат параметрите на конволуција и прозорецот на креирање на помалите делови од сликата. Во нашиот случај, конволуцијата добива влезен податок со димензии 128 x 128 x 1 (ширина x висина x боја). Користиме само еден бајт за бојата бидејќи ја дефинираме само длабочината на grayscale сликата. Потоа, користиме коригирана линеарна единица (Rectified Linear Unit) како активациска функција. Оваа функција на активирање работи на тој принцип што, сите негативни вредности ги коригира и ги поставува на вредност 0. Во овој дел од мрежата треба да се внимава и да се прави компромис во однос на тоа колку препокривање треба да има. Доколку го зголемиме препокривањето т.е. доколку помалите слики имаат голем процент на препокривање, правиме подетално пребарување на проблемот (ракот). Но, ако го зголемиме препокривањето, се зголемува бројот на помали слики кои што се креираат, се генерираат многу дупликатни информации и мрежата може да се преоптовари. Бидејќи конволуцијата резултира во повеќе податоци од влезната слика, истата мора да се пропрати со слој за намалување на овие дополнителни информации (max-pooling), каде што, се намалуваат податоците што ги генерира конволуцијата преку задржување на најдобрите единки (единките кои што имаат најголема сличност со другите примероци од други слики). Ова значи дека правиме детално пребарување на ракот преку генерирање на повеќе слики од една влезна слика и истите ги намалуваме со отфрлување на непосакуваните единки во следниот слој (воведуваме пристрасност помеѓу соседни јазли во конволуцијата. Во процесот на конволуција (кај конволуциската функција), воглавно користиме филтри за заострување на рабовите на сликата и филтри за детекција на рабовите. Секој еден филтер искористен во конволуцијата е претставен преку матрица на вредности со чија конволуција на сликата се добива нова слика (филтрирана). Резултантната слика од фазите на една конволуција е прикажана на Слика 7-5. Првата слика од Слика 7-5 е влезната слика во конволуцискиот слој, која истата се сегментира на помали слики кои се препокриваат во одреден процент. На третата слика од Слика 7-5 е прикажана сликата откако се применети филтрите за детекција на рабови.



**Слика 7-5** Конволуција на слика од компјутерска томографија на бели дробови, сегментирана и филтрирана со филтри за детекција на рабови

Последниот чекор пред да се тренира и тестира мрежата е дефинирање на ратата на учење и факторот на испаѓање (отфрлување). Во нашиот случај, алгоритмот ги отфрлува оние елементи (слики) кои што имаат под 50% рата на успешност и класификација. Со експериментирање и тестирање на повеќе различни модели, дојдовме до заклучок дека 50% е оптимална рата на отфрлување на елементи за најдобри резултати на класифицирање. Потоа, пресметката на квадратната грешка на чинење (half square-error cost) е претставено со Равенка (4), каде што, само половина од нејзината вредност влијае во пресметка на грешката и пропагирање на истата назад низ мрежата. Како што може да се види од Равенка (4), оваа

грешка се пресметува како квадрат на разликата од очекуваната вредност и добиената вредност и половина од вредноста на оваа грешка се користи за релаксирање на врските и тежините на врските во мрежата. Со помош на оваа вредност правиме анализа и корекција на факторот на пристрасност  $b$ .

$$J(W; b; x; y) = \frac{1}{2} \|h_{w,b}(x) - y\|^2 \quad (4)$$

Од Равенка (4) се гледа дека како влез се зема тежината на врските на мрежата  $W$ , факторот на пристрасност  $b$ , влезните тежини на јазлите  $x$  и очекуваниот излез  $y$ . Излезот од мрежата што се добива е претставен преку  $h_{w,b}(x)$  и истиот се пресметува наспроти очекуваниот излез  $y$ . Притоа, половина од квадратната грешка се пропагира назад низ мрежата.

По дефинирање на мрежата, следен чекор е да се тренира и тестира (автоматски), преку извршување на алгоритмот и како резултат од тренирањето и тестирањето е топологијата на Длабоката Невронска Мрежа. Процесот на тренирање на влез ги праќа пред-класифицираните слики и дефинираните вектори  $(X, Y)$  со 90% (5472 слики) од податочното множество за тренирање и  $(X\_Test, Y\_Test)$  се дефинирани како останатите 10% (608 слики) за тестирање. Секоја епоха (циклус на тренирање), алгоритмот ги праќа сите слики еднаш низ процесот на тренирање и евалуација. Во нашиот случај имаме 100 епохи за тренирање на 94 слики од компјутерска томографија, групирани во 64 групи. По завршување на тренирањето и тестирањето, мрежната топологија се зачувува и истата може да се користи за класифицирање на (однапред) непозната слика за топологијата. Во процесот на тренирање и тестирање, мрежата го пресметува факторот на спремност за класифицирање, така наречена, фит вредност. Оваа вредност се пресметува како процентуална разлика помеѓу правилно класифицираните и грешно класифицираните слики (во процесот на автоматско тестирање).

Во процесот на тренирање и тестирање, правиме евалуација на системот и неговата точност на класифицирање преку правење на просек на епохите и како алгоритмот е спремен да класифицира слики. За дефинирање на длабоката невронска мрежа, тренирање и тестирање на истата користиме библиотеки од Tensorflow-GPU верзија 1.8 (Google, Montingeville, CA, USA) компјилирани за графичко процесирање CUDA GPU верзија 7.1 (NVIDIA, Santa Clara, CA, USA) и Keras библиотеки верзија 2.1 во Python во комбинација со постоечки Python библиотеки за подготовка на податоците. Алгоритмот се извршуваше на GPU-NVIDIA Corporation GM200 компјутерска машина (NVIDIA, Santa Clara, CA, USA) опремена со околу 1000 GPU GeForce графички процесори. Откако мрежата е дефинирана, тренирана, тестирана, накрсно-валидирана (овој процес траеше неколку часови), топологијата е зачувана и истата може да се користи за класифицирање на однапред непознати слики од компјутерска томографија на бели дробови. Ова класифицирање на нова (непозната) слика трае неколку секунди, што би значело дека медицинскиот персонал и пациентите можат да добијат неофицијална иницијална дијагноза, само неколку секунди по скенирање на телото.

### 7.2.3 Дефинирање на спремност на различни невронски мрежи за класифицирање

Во овој дел на истражувањето, ги дефинираме сликите кои што се од пациенти кај кои е дијагностицирано рак на бели дробови како позитивни примероци (4672 слики), додека пак, сликите од пациенти кај кои што дијагнозата кажува дека немаат рак, ги дефинираме како негативни примероци (1408 слики). Врз основа на овие означувања, ги пресметуваме следните вредности за стандардната конволуциска длабока невронска мрежа, наспроти нашата двојна конволуциска длабока невронска мрежа: точни позитивни примероци (правилно класифицирани слики од пациенти со рак - TP), точни негативни примероци (правилно класифицирани слики од пациенти без рак - TN), лажни позитивни примероци (погрешно класифицирани слики од пациенти со рак - FP) и лажно негативни примероци (погрешно класифицирани слики од пациенти без рак - FN). Средните вредности од пресметките од 100 епохи се дадени во Табела 7-1.



**Табела 7-1 Средни вредности од резултатите на класифицирање на стандардна наспроти двојно-конволуциска длабока невронска мрежа**

	Regular CDNN	Double CDNN
True Positive (TP)	4029	4653
True Negative (TN)	1303	1404
False Positive (FP)	643	97
False Negative (FN)	105	4

Со помош на параметрите прикажани во Табела 7-1, може да се пресметаат вредностите од анализата на мрежите и тоа: точност (accuracy), осетливост (sensitivity), специфичност (specificity) и позитивно предвидување (positive prediction). Точноста, како параметар (прикажан преку Равенка (5)), ја дава вредност која означува колку е точно предвидувањето на системот (слично на фит вредност). Потоа, осетливоста како параметар (прикажан преку Равенка (6)), означува колку податочното множество е спремно за класифицирање т.е. ја мери точноста на информацијата.

Специфичноста (прикажана преку Равенка (7)), од друга страна пак, го претставува соодносот (ратата) на тоа колку од сликите од пациенти кај кои било дијагностицирано рак на белите дробови биле класифицирани како слики на кои може да се детектира рак наспроти останатите погрешно класифицирани слики во множеството. Во рамки на ова истражување користиме дополнителен параметар за евалуација на мрежите, позитивно предвидување, (прикажан преку Равенка (8)) кој што кажува колку од сликите на пациенти со рак, кои што се користат за тренирање и тестирање, биле во доцна фаза на ракот т.е. колку од множеството што го користиме за тренирање и тестирање може точно да предвиди.

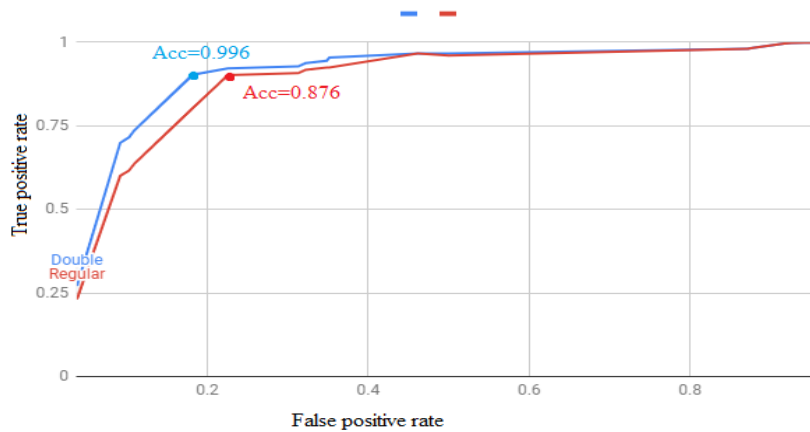
$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN} \quad (7)$$

$$PositivePredictive = \frac{TP}{TP + FP} \quad (8)$$

Во ова истражување тестиравме различни прагови на детекција на рак и вредностите за точност на предвидување се прикажани на графикот на Слика 7-6. Плотирањето на резултатите се прави со помош на Receiver Operating Characteristic (ROC) криви кои ја одредуваат најдобрата вредност на праг за класифицирање.



**Слика 7-6 Receiver Operating Characteristic (ROC) крива за одредување на различните прагови за класификација кај стандардна наспроти двојно-конволуциска длабока невронска мрежа**

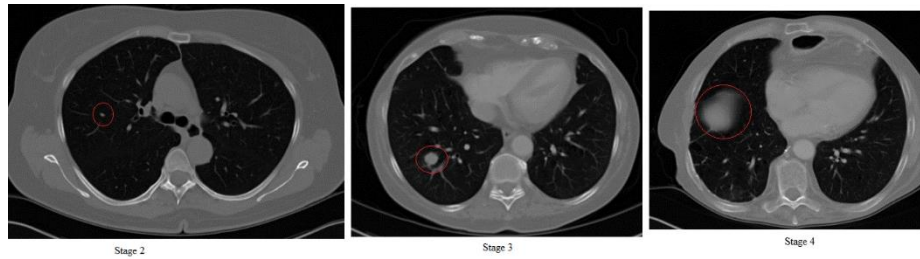
Од анализата на ROC кривата, може да се види дека 0.76 како вредност за праг дава најдобри резултати и најдобра точност за класификација. Резултатите од тестирањето се дадени во Табела 7-2. Од оваа табела може да се види дека двојно-конволуциската длабока невронска мрежа покажува скоро 99.6% точност на класификација со 0.76 праг на детекција, додека пак, стандардната длабока невронска мрежа прикажува највисока точност на класификација од 87% со 0.70 праг на детекција. Осетливоста на двете мрежи е скоро идентична, што е и очекувано, бидејќи користат исто податочно множество. Дополнително, може да се види од Табела 7-2 дека нашата невронска мрежа има подобри резултати на предвидување можност на рак отколку стандардната невронска мрежа.

**Табела 7-2 Мерење на точност, осетливост, специфичност и точно предвидување на стандардна наспроти двојно-конволуциска Длабока Невронска Мрежа**

	Regular DNN	Double CDNN
Accuracy	0.8769	0.99621
Sensitivity	0.97460	0.99912
Specificity	0.66957	0.98664
threshold classification	0.70	0.76

### 7.3 Одредување на Тх фаза на детекција на рак на бели дробови со помош на двојно-конволуциски длабоки невронски мрежи

Откако ќе биде дефинирана, тренирана и тестирана невронската мрежа, топологијата на мрежата се користи за дополнително тестирање на стандардната и двојно-конволуциската длабока невронска мрежа. Во дополнителните тестови и експерименти е вклучено дополнително податочно множество, составено од слики од компјутерска томографија на дополнителни 35 пациенти. Ова дополнително множество на слики е преземено од локална медицинска установа во Тетово, Македонија, притоа сликите се пред-класифицирани во 3 фази на ракот на бели дробови. Фазите во кои се дефинирани овие слики се: II, III и IV. Овие три фази се избрани бидејќи фазите 0 и 1 се фази од ракот каде што медицинскиот персонал не може да детектира ниту сомнеж дека има рак на бели дробови. На Слика 7-7 се претставени трите фази на ракот, почнувајќи од фаза 2, па се до доцната фаза 4. На сликите дополнително е означено каде е детектирано можност за рак на бели дробови (во соодветната фаза).



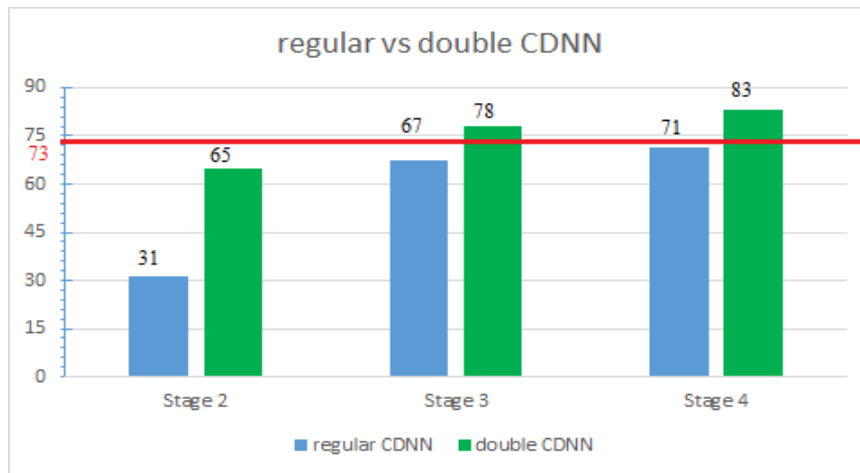
**Слика 7-7 Фази II, III и IV од рак на бели дробови**

Од сликите од компјутерска томографија, докторите можат да дијагностицираат рак на бели дробови само според големината и позицијата на туморот. Во втората фаза од ракот (првата слика од лево на Слика 7-7), може да се види дека туморот е означен со црвено на левата страна, чија што големина достигнува сразмерни 4 cm. Во фаза 3 (средната слика на Слика 7-7) е прикажан тумор на бели дробови, притоа, овој тумор припаѓа на третата фаза бидејќи е поголем од 4 cm и е проширен кон надворешниот дел на белиот дроб. Во четвртата фаза (третата слика од лево на Слика 7-7), можеме да видиме дека туморот е доста поголем од туморот во останатите фази. Дополнително, може да се заклучи дека ракот е во четврта фаза, поради фактот што, туморот е проширен кон сидовите на белиот дроб. Најчесто, четвртата фаза на ракот е терминална т.е. смртоносна и неизлечива. Поради тоа, раното откривање на ракот е доста битен фактор во навремено лечење, затоа, во овој дел на истражувањето, ја одредуваме T<sub>x</sub> во која што ќе биде детектиран ракот од страна на двете топологии.

#### **7.4 Споредба на стандардна наспроти двојно-конволуциска длабока невронска мрежа**

Во овој дел од истражувањето, правиме тестирање на дополнителното множество слики од 35 пациенти наспроти двете топологии на невронски мрежи (стандардна и двојно-конволуциска со филтри за пронаоѓање на рабови во слика). Во рамки на тестовите се определува T<sub>x</sub> фазата во која двете топологии ќе детектираат можност за рак на бели дробови. Резултатот што го даваат топологиите е децимална бројка во опсегот од 0.0 до 1.0, каде што 0.0 е фаза каде што не е детектирано рак на бели дробови, а 1.0 е фаза каде што е детектирано можност за рак на белите дробови. Овие вредности ги претвораме во процент на сигурност, преку множење на вредноста со 100. Резултатот од споредбата е прикажан на Слика 7-8. Недостатокот овде е тоа што мора да ја дефинираме долната граница на сигурност со која што ќе кажеме дека, доколку се надмине таа процентуална сигурност, тогаш ќе кажеме дека е детектирана можност за рак на бели дробови. Со цел да можеме поправедно да ги споредуваме двете мрежи, земаме средна вредност од најдобрите вредности за точност на предвидување на двете мрежи (презентирани во Табела 7-2). Од Табела 7-2 може да се види дека најдобрата прецизност на предвидување на стандардната невронска мрежа е со праг од 70% (0.70 праг на детекција), додека пак, кај двојно-конволуциската невронска мрежа, овој праг е дефиниран на 76%. За да воведеме фер споредба на двете топологии, земаме средна вредност од двата прагови на детекција и затоа претпоставуваме дека доколку мрежата има најмалку 73% сигурност дека е детектирано можност за рак на белите дробови, тогаш нашиот систем ја класифицира таа слика во класа на детектирана можност за рак. Инаку, таа слика ја класифицира како слика на пациент кај кој нема рак. Според ова, доколку се земе 73% како долна граница за детекција на рак на бели дробови, тогаш двојно-конволуциската невронска мрежа детектира рак во трета фаза (Слика 7-8), додека пак стандардната невронска мрежа нема да детектира можност за рак дури ни во терминална фаза 4. Доколку се земе како долна граница за детекција на рак од 70%, тогаш, кај детекцијата на двојно-конволуциската невронска мрежа нема да се промени ништо, но кај стандардната невронска мрежа ќе се детектира можност за рак дури во четвртата фаза.





**Слика 7-8** Резултати од класифицирање на слики од рак на бели дробови во фазите II, III и IV

Резултатите од овие тестирања беа дискутирани и анализирани од доктори од одделот за Онкологија во болницата во Тетово, Македонија. Резултат од анализата беше дека, начинот на детекција на рак на бели дробови е задоволителен, главно поради фактот дека докторите не можат со сигурност да дијагностицираат рак на бели дробови, дури ни во фаза 2. Експертите во областа може да имаат сомнежи за постоење на рак на бели дробови, но, нема да побараат биопсија на ткиво се до доцна фаза 2 или рана фаза 3. Тх фазата на детекција е очекувана во оваа фаза бидејќи, поголемиот дел од сликите (искористени во делот за тренирање и тестирање на мрежата) кои што беа означени како слики од пациенти со рак на бели дробови, беа од фаза T3 или T4.

## 8 Ергономска анализа и одредување на квалитет на искуство

Секој електронски систем, кој се воведува како замена за постоечки застарен систем за управување со податоци, често наидува на негодување и неприфаќање од страна на корисниците. Ова најчесто се случува во области како медицината, каде медицинскиот персонал (особено пациентите) често го одбегнуваат користењето на нов информациона систем кој, теоретски, би требало да им ја олесни работата на корисниците. Самата имплементација и користење на нов систем знае често да се разликува од тоа како е замислен до реалната употреба. За таа цел, потребни се анализи на системот преку анкети врз пациенти и медицински персонал. Анкетите треба да вклучуваат детали околу начинот на користење на системот, неговата употребливост и колку истиот е подобрување од претходниот систем. На корисниците најчесто им се поставуваат прашања со кои би се анализирано нивното искуство при користење на системот. Резултатот од анализата потоа се користи за промена и приспособување на системот врз основа на забелешките од корисниците, [87] и [89].

### 8.1 Ергономска анализа на медицинскиот здравствен систем

Во рамки на трудот се направени неколку ергономски анализи за предложениот систем, со помош на квалитет на искуство (Quality of Experience - QoE) метрика, која што е базирана на анкети за пациенти и медицински персонал. Нашата анализа е ориентирана кон дизајнирање на ергономски систем и како оваа анализа ќе го приспособи предложениот систем кон барањата на корисниците. Главната цел во ова поглавје е медицинската анализа на ергономијата на системот, притоа, истата треба да процени дали медицинскиот систем (базиран на NFC) ја подобрил интеракцијата помеѓу пациентот и докторот. Бидејќи системот е медицински, тоа значи дека системот треба да го користат пациенти со различна возраст. Се очекува дека постарите пациенти ќе имаат потешкотии во користењето на системот. Поради тоа, во анализата е вклучена група од 20 пациенти и медицински персонал, чија што возраст се движи од 20 до 70 години. Овие пациенти беа избрани за спроведување на анкетата и истите се користат за мерење на QoE параметрите. Децата и тинејџерите не беа вклучени во истражувањето бидејќи нивното медицинско искуство се води од нивните родители или законски старатели. Критериумите на QoE што се користат во истражувањето вклучуваат анализа на користењето на медицинскиот персонал и пациентите. За пациентите, анализата вклучува фактори, како што се, пристапност до системот, подобра комуникација со лекарите, помалку време поминато во чекалниците и севкупно практично користење на системот.

QoE метриците на медицинскиот персонал се поделени на два дела. Првиот дел од анкетата за медицинскиот персонал испитува колку добро лекарот може да го користи системот и како системот може да му помогне на лекарот да биде поефикасен во неговата/нејзината работа. Вториот дел од истражувањето се фокусира на потребата од автоматска анализа на медицинските информации и предвидување на дијагнозата. Ова истражување се користи за проценка на мислењето на медицинскиот персонал за користење на предложената почетна дијагноза на системот. Параметрите и резултатите се дадени подолу.

Од Табела 8-1 можеме да видиме дека системот дава прифатливи резултати во стекнувањето и внесувањето на медицинските податоци. Од Табела 8-2 и Табела 8-3 заклучуваме дека мнозинството пациенти и лекари се задоволни од користењето на системот и добиле подобро медицинско искуство поради тоа.

Табела 8-1 ги прикажува резултатите од ергономијата и QoE анализа на самиот систем. Во оваа табела ја имаме целокупната функционалност на системот, времето на работа и достапноста на корисниците до системот. Оваа табела не прави разлика помеѓу корисниците, туку анализира како медицинскиот систем е глобално достапен и користен. Табела 8-2 ги прикажува параметрите на QoE оддалечени од пациентот и Табела 8-3 ги покажува параметрите на медицинскиот персонал. Табела 8-1 дава сумаризирани кратки одговори на прашањата од следниот прашалник (Група на 12 испитаници):

1. Колку време е потребно за да закажете состанок? Како се одвива процесот?
2. Колку време е потребно за да се добијат информации за пациентите?

3. Дали се појавуваат какви било проблеми со системот? Доколку се појават проблеми, како се планира истите да се решат?

4. Дали сте задоволни со сегашниот систем? Која е неговата брзина на пристап? Дали имате пречки? Доколку се појават пречки, како истите би се разрешиле?

5. Дали сегашниот систем е подобар од стариот? Ова значи работа со помалку хартиени документи и користење на Интернет.

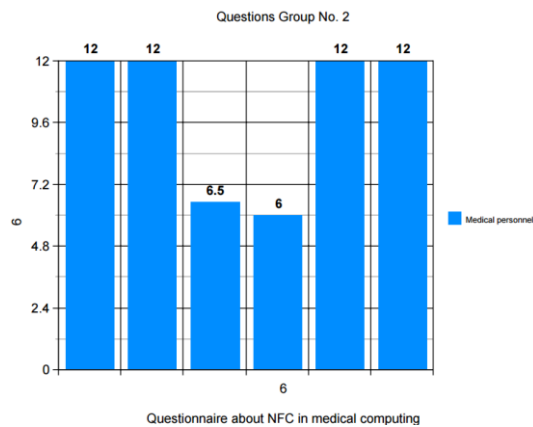
6. Колку време е потребно за да се сумира целокупната медицинска историја на пациентот?

Табела 8-1 Ергономска анализа на целиот систем

Type of a medical person	QN1	QN 2	QN 3	QN 4	QN 5	QN 6
Nurse number 1	Depends on the Internet	We need to wait	No	No	Yes	A little
Nurse number 2	1 min.	1-5 min.	Yes, fixing for 5-10 min.	There are	Yes	Around 2 min.
Nurse number 3	Fast	Right at the moment	Yes	There are, but they are fixed shortly	Yes	5 min.
Nurse number 4	2 min.	Right at the moment	Yes	There aren't	Yes	5 min.
Doctor number 1	Depends where is free	Right at the moment	Sometimes	There are	Yes	Immediately
Doctor number 2	Depends if there are terms, if not they wait	/	Yes, with a quicker database it'd be fixed	/	Yes	Little
Doctor number 3	Depends where, around 2 min	Shortly	There aren't	Few in the beginning, now they are solved	Of course	Immediately, it takes only a few minutes
Doctor number 4	Around 15 min.	Immediately	There are, most are with the stability of the Internet	Too dependent on the Internet	Partially	Few hours
Doctor number 5	10 sec. – 10 min.	Immediately	System overload	Sometimes, system overloads	Yes	Immediately
Dentist number 1	1 min.	Yes	Immediately	It is comfortable	Yes	Around 5 min.
Dentist number 2	With more doctors it would be faster	Immediately	There aren't	There are	Yes	Immediately
Psychiatrist	It takes about 5 min	Fast, immediately	There aren't	There aren't	Yes	Around 15 min.

Табела 8-1 ги прикажува резултатите од 12 од вкупно 20 тестери на системот и ја прикажува ергономската анализа на целиот систем и неговите функционалности. Параметрите

тестирани преку анкетата, вклучуваат време на одговор на системот, неопходност на овој систем во работата и колку облак медицинскиот систем базиран на NFC го подобрува стандардниот медицински хартиен систем. Слика 8-1 го прикажува хистограмот на анализата направена во Табела 8-1.



Слика 8-1 Дијаграм од ергономска анализа на целиот систем

Табела 8-2 севкупна анализа на системот од анкетање на пациентите (1..10)

<i>How many patients</i>	<i>Percentage (%)</i>
have adequate mobile devices?	73%
have NFC?	41%
were satisfied from using the system?	79%
experienced better medical care?	61%
would use the system on daily basis ?	52%

Табела 8-2 ги прикажува параметрите на ергономската анализа, тестирани преку користењето на системот од страна на пациенти, притоа, пациентите се тестираат на прашања кои треба да одговорат дали медицинскиот облак систем базиран на NFC го подобрува или влошува медицинското искуство на пациентот. Параметрите вклучуваат пристап до системот, лесна употреба и целокупно задоволство и мислење на пациентот. Табела 8-3 го презентира докторскиот аспект од користење на медицинскиот облак систем.

Табела 8-3 Севкупна анализа на системот од анкетање на докторите (1..10)

<i>How many doctors</i>	<i>Percentage (%)</i>
have more work done?	75%
experienced better patient interaction?	67%
have worse diagnostics due to the system?	24%
have difficulty using the system?	38%
think the system puts more workload?	85%

Ергономската анализа на системот се користи за проценка на системот од гледна точка на корисникот. Техничките спецификации и имплементацијата на системот не секогаш ги прифаќаат корисниците. Резултатите прикажани во табелите 8-1, 8-2 и 8-3 главно го докажуваат дизајнот и имплементацијата на системот како подобрување во однос на стандардниот медицински систем базиран на хартија. Главниот проблем на медицинскиот облак систем базиран на NFC, според ергономската анализа, е дополнителната опрема (NFC картичка) која секој корисник треба да ја добие и да го користи (за било каква медицинска потреба).

Пациентите обично ги забораваат картичките или воопшто немаат NFC картичка. Доколку ова се случи, пациентот нема пристап до ниту еден дел од медицинскиот систем. Повеќе од 80% од корисниците (пациенти и лекари) се задоволни од системот и тврдат дека системот го подобрил пристапот до медицинската историја на пациентите, што доведува до подобри медицински прегледи преку автоматско ажурирање на информации и пристап до медицинската евиденција на пациентот. Пациентите имаа потешкотии во процесот на закажување на прегледи, каде што, пациентите закажуваат преглед кај специјалист или доктор, притоа истите не се појавуваат на прегледот (човечки фактор на грешка).

## 8.2 Ергономска анализа на безбедност на медицински здравствен систем

За нашиот систем на безбедност, направивме ергономска анализа преку користење на индикатори за квалитет на искуството на пациенти и медицински персонал. Оваа анализа се користи за да се оцени мерката на безбедност на системот и дали пациентите ќе го користат истиот. Оваа анализа, исто така, се користи за да се подобри и приспособи системот на потребите на пациентите. Нашата главна цел при користење на ергономска анализа на системот е да се оцени дали, медицински систем заоснован на NFC автентикација, го подобрува искуството на пациентите и медицинскиот персонал со облак системот. Исто така, ергономската анализа треба да анализира дали корисниците ќе се чувствуваат безбедни да ги чуваат нивните податоци во системот и да дозволат истите да бидат анализирани во облак системот. Бидејќи системот е медицински, тоа значи дека корисниците на системот (пациентите и медицинскиот персонал) можат да бидат од различна возраст. Една група од 60 корисници се вклучени во ергономската анализа. Резултатите од истражувањето се прикажани во Табела 8-4, заедно со вкупните резултати.

Табела 8-4 Резултати од ергономска анализа

Тест сценарио	Корисници тестирани	Оцена (1..10)
Лесно користење на NFC?	51	8
Брз пристап до податоци?	60	9
Колку е безбеден системот?	60	8
Ќе го користи системот?	60	6
Пренос на сензорски податоци?	45	6
Точност на онлајн анализа?	42	5

Параметрите за квалитет на искуство, кои се користат во истражувањето, вклучуваат анализа на користењето на медицински персонал и пациентите. Сите тест случаи презентирани во Табела 8-4 се тестира на пациенти и медицински персонал, додека пак, последниот тест е тестиран само на медицински персонал. Бројот на корисници варира, бидејќи не сите корисници имаат NFC или сензори. Анализата вклучува корисници чии мобилни уреди немаат или NFC или био сензори и/или двете. Тестот за безбедноста на системот се состои од тоа дали пациентите се чувствуваат безбедни или не да го користат системот (бидејќи не се земени во предвид експерти во областа на дигитална безбедност).

Од тестирањето на параметрите прикажани во Табела 8-4 може да се види дека главниот проблем во предложениот систем е тоа дека корисниците на системот ја немаат потребната технологија (NFC или сензори) на своите мобилни уреди за да имаат целосен пристап до функциите и функционалностите на системот. Ова би значело дека пациентите со подобри мобилни уреди (мобилни уреди со NFC и /или повеќе био сензори) ќе добијат подобро медицинско искуство. Овој недостаток кој произлегува од ергономската анализа е очекуван при воведување на нови технологии. Исто така се очекува овој недостаток да биде надминат во

блиска иднина, бидејќи се повеќе и повеќе корисници ќе ги имаат минималните барања на своите мобилни уреди за пристап до медицинскиот мобилен облак систем.

### 8.3 Ергономска анализа на целокупниот медицински безбедносен здравствен систем

Електронските онлајн медицински системи, скоро секогаш се отфрлени од страна на пациентите и медицинскиот персонал. Пациентите не сакаат да ги споделат своите информации по електронски пат, додека пак, медицинскиот персонал обично не верува во системот за е-здравство и смета дека тоа е дополнителна задача која одзема време и лошо влијае на работата на медицинскиот персонал, [89]. Во денешно време, системите за е-здравство треба да бидат подобри од постојните здравствени системи, кои што веќе се поставени и се користат од страна на медицинските лица и пациентите. Електронската здравствена заштита треба да обезбеди побрза услуга до лекарите, пациентите, хирурзите и медицинските сестри, со цел да го олесни закажувањето на прегледи, да се добие точен и брз пристап до медицинските податоци на пациентите и соодветно претставување на мултимедијалните медицински податоци, како што се, рендгенски слики, слики од магнетна резонанса и компјутерска томографија. Но, покрај сите овие подобрувања, системите за е-здравство мора да бидат безбедни, притоа, пациентите и медицинскиот персонал да се чувствуваат безбедно во процесот на споделување на медицински информации преку системот.

Поради тоа, правиме ергономска безбедносна анализа (ESA) на нашиот медицински облак систем преку дефинирање на QoE параметрите преку анкети на пациенти и медицински персонал. Оваа анализа се користи за да се оцени системот од безбедносна гледна точка. Главната цел на безбедносниот систем е да се процени дали безбедноста со NFC автентикација и авторизација ја подобрува безбедноста на системот и дали пациентите и медицинскиот персонал ќе го користат нашиот систем. Во истражувањето беше вклучено група од 30 медицински лица и 20 пациенти. Прашањата што се користат во ергономското истражување се прикажани подолу и се поделени во две категории, една категорија за медицинскиот персонал, а втората за пациентите. Главната цел на анкетата е да го оцени и приспособи системот на потребите на корисникот. Ова значи дека ние го анализираме безбедносниот медицински облак систем за да видиме дали корисниците се чувствуваат доволно безбедно за да ги складираат нивните податоци во облак.

Прашања од анкетата за медицински лица:

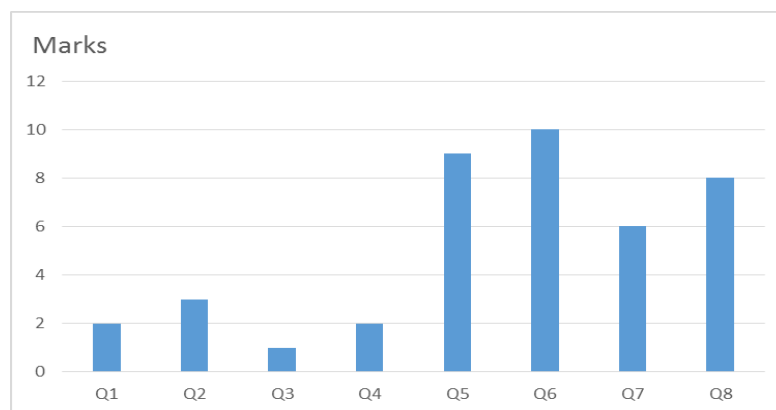
1. Колку често сте пристапиле до погрешни податоци или забележале неточни податоци?
2. Колку често системот е неупотреблив? (дефект, одржување, немање мобилен уред)
3. Колку често се случува да прегледот не се закаже поради тоа што системот е неупотреблив? (дефект или немање на медицински мобилен уред со NFC)
4. Дали забележавте неконзистентни податоци или информации кои можеби биле изменети од трета страна?
5. Колку брзо можат да добијат пристап до лесни (не мултимедијални) податоци?
6. Колку е соодветно прикажувањето на мултимедијални медицински податоци?
7. Дали медицинската онлајн анализа беше корисна?
8. Дали системот е безбеден? (врз основа на лично не-експерт-во-поле мислење)

Табела 8-5 Ергономска анализа на безбедносниот облак систем за медицински лица

	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5	Question 6	Question 7	Question 8
<i>Medical PI</i>	Once/ twice a month	2-3 accesses a week; not having mobile device	5 cases so far; patient not in the system	No	In few seconds	30 seconds most to get multimedia; Perfect image	To some extent yes; most of the time don't use it	Safer than before

<i>Medical P2</i>	Never	Sometimes slow but can always access data	None	No	If can be accessed then right away	Ok image, readable	Not misleading;	Pretty safe
<i>Medical P3</i>	Once or twice so far	3 times, personal error	Few times a month; unable to access	No	Instantly	Quality almost as from scanner	Almost accurate	Safe enough
<i>Nurse N1</i>	Never	Usually in the morning for maintenance	2-3 a week; not having NFC card	Yes; human error when entering information	10 – 30 seconds	-	-	I think so; yes
<i>Surgeon S1</i>	Never	Never	One or two maybe	No	Fast access or no access	Great quality	If you know how to read it, it can never be misleading	Maybe
<i>Specialist</i>	Three times but personal mistake	Never	None	No	In few seconds	If it can be loaded, good quality	Helpful to some extent	Yes

Медицинскиот персонал кој беше вклучен во анкетата, најпрвин беше подготвен пред истата да биде направена. Некои од прашањата беа презентирани пред анкетата, така што, анкетираниот медицински персонал може да ги забележи при користење на апликацијата за да биде подготвен да ги одговори. На анкетираниите им беше посочено да водат евиденција за пропуштените прегледи преку водење на документација на хартија, за да може потоа да се спореди со системот за е-здравство и да се воочат недоследностите. Во процесот на анкетирање, од медицинскиот персонал беше побарано да дадат оценка за системот за секое прашање одделно (1 до 10). Резултатите се прикажани на Слика 8-2. Врз основа на хистограмот на Слика 8-2 можеме да видиме дека медицинскиот персонал е повеќе од задоволен од користењето на системот. Некои од забелешките вклучуваат воведување на можност за заобиколување на NFC-автентикација во случај доколку пациентот го заборави или воопшто нема мобилен уред опремен со NFC.



Слика 8-2 Резултати од тестирањето на медицинскиот персонал

Анкетни прашања за пациентите:

1. Дали безбедносниот систем го подобри вашето здравственото искуство?
2. Дали закажаните прегледи се одржаа на време и дали системот поставува дополнителен временски притисок во процесот на закажување?
3. Дали пристапот до личните медицински записи е лесен и безбеден? Може некој друг да пристапи до вашиот медицински профил без согласност?

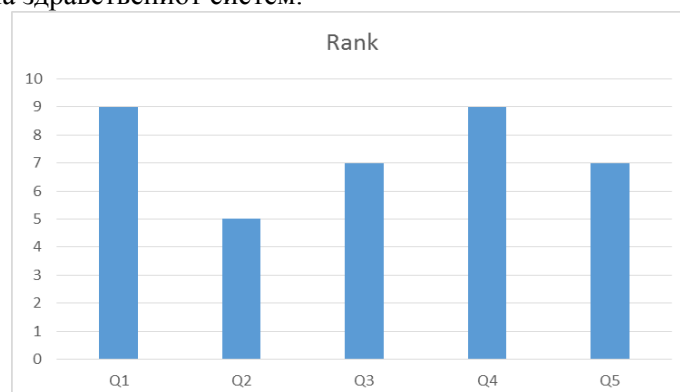
4. Колку често сте забележале неправилности во медицинските податоци или неточни информации?

5. Колку често ви било спречено да пристапите до здравството поради безбедносните протоколи? (дефект, без NFC медицински мобилен уред)?

Табела 8-6 Ергономсна анализа на безбедносниот систем од страна на пациентите

	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5
<i>Asthmatic Patient</i>	Yes, a lot	Not on time, but manageable	Easy access and safe	never	Few times
<i>Hearth Patient</i>	Slightly	Many schedules with no show	Easy access and maybe safe	never	once
<i>Common cold Patient</i>	The appointment and prescription system, yes	On time	Accessible and safe	never	never
<i>Hemorrhoids Patient</i>	Maybe	Fast and on time	Easy accessible and distributable	Once due to malfunction	never
<i>Diabetes Patient</i>	In some areas yes, in others no	Have to wait for months for specialist appointment	Easy access and safe	never	Every third check up

Пациентите од Табела 8-6 беа избрани на тој начин што, би имале различни медицински проблеми и би го тестирале системот од различни аспекти на здравствената безбедност. Астматичните, дијабетичарите и пациентите со хемороиди се сметаат за чести корисници на здравствениот систем и истите би го тестирале системот почесто од другите пациенти. Пациентите со проблеми со срцето се многу помалку, но затоа тестираат специфични аспекти на здравствениот систем.



Слика 8-3 Резултати од анкетата на пациентите



Пациентите со наставка се најмалку чести во системот и го тестираат системот периодично, но, тој период трае подолго и прават прекумерни тестови, прегледи и се генерираат множество од рецепти за лекови. Свкупните оценки од анкетираната група се прикажани на Слика 8-3. Повеќе од 70% од пациентите беа задоволни од системот и сметаат дека воведува подобрување на здравствениот систем и неговата безбедност. Речиси сите пациенти беа задоволни од вториот и третиот слој на безбедноста, каде што користеа лозинка за шифрирање и дешифрирање на нивниот пристап до системот.

## 9 Заклучок

Ограничувањата на мобилните уреди, како и ограничениот компјутерски капацитет, ограничена моќност и достапна меморија, се главните недостатоци на мобилните уреди и зошто не можат да обработуваат голема количина на податоци и да прават сложени обработки во рамки на мобилниот уред. Едно решение за подобрување на искуството на корисникот во испорака на мултимедијални содржини на неговиот мобилен уред е преку извршување на некои од пресметките на помоќни надворешни компјутерски сервери. Предложеното решение за испорака на содржина од мобилен облак систем, овозможува адаптивна (приспособена) испорака на мултимедијални содржини помеѓу мобилниот облак и мобилните уреди. Предложениот систем обезбедува ефикасна размена на мултимедијални содржини од мобилниот облак до мобилниот уред, притоа, истите се приспособуваат кон барањата на корисникот.

Исто така, со користење на комуникациски протоколи (како LTE) кои обезбедуваат високи рати на пренос на големи податоци (како што се мултимедијални содржини), апликациите во различни домени (како m-health, m-commerce или m-learning) можат да имаат корист од навремена достава, намалена потрошувачка на батеријата и моќни мултимедијални алгоритми за пресметување, кои се независни од оперативниот систем на уредот.

Потребата од подобрен начин на складирање и управување со медицински податоци ја диктира архитектурата на здравствениот информационен систем, каде преносливоста, лесна достапност и безбедност на податоците се главните маркери за дизајнирање и имплементација на системот. За побрза и подобра безбедност на системот, истиот е интегриран со NFC технологија за автентикација и авторизација, каде преку едноставно приближување на NFC картичката, корисникот се автентичира (идентификува) во системот. Анализата на имплементацијата на системот дополнително го оправдува дизајнот и архитектурата на здравствениот информационен систем.

Бидејќи пресметките во облак и самите облак системи, по природа се несигурни, потребно е да се преземат строги мерки на безбедност, со цел да можат корисниците на системот безбедно да пристапуваат до функционалностите на истиот. Со помош на NFC и Radxa Rock плочката, во голема мера може да се подобри системот за безбедност на медицински мобилен облак преку воведување на слоеви на безбедност. Овие слоеви на безбедност воведуваат потешкотии кај напаѓачот на системот. Словите на системот за безбедност претставени во оваа дисертација, како што веќе беше опишано, разрешуваат повеќе аспекти на безбедност при комуникација помеѓу мобилните уреди и мобилниот облак систем. Со помош на безбедносниот слоевит систем, пациентите и медицинскиот персонал можат безбедно да го користат системот за пренос на медицински податоци. Во иднина, планираме проширување на системот со дополнителни слоеви на безбедноста, како на пример, отпечатоци од прсти како метод за автентикација, дигитални потписи и следење на портите на комуникација. На овој начин, напаѓачот ќе имаат повеќе потешкотии во нарушување на системот за приватноста и интегритетот на податоците.

Начинот на кој се кодираат видеата значително влијае на квалитетот на видеото. Одредени кодирања можат да предизвикаат појавување на артефакти кај видео секвенците, кои доколку видеата се од медицинска природа, може да предизвикаат неточни дијагнози, погрешни третмани и нарушување на здравјето на пациентите. Поради тоа, битно е да се избере кодирање на видеото што ќе ги задоволува медицинските стандарди, а со тоа ќе доведе до подобро здравство. Различни типови на видео секвенци генерираат различен квалитет при исти шеми на кодирање, затоа, битно е компресијата да биде приспособена соодветно на типот на видеото.

Во дисертацијата развиваме модифициран алгоритам за препознавање на рак на бели дробови, притоа, се користи алгоритмот K-means за претходно класифицирање на сликите во групи на слики (пресеци) од ист дел на телото. На тој начин, длабоката невронска мрежа може

да се фокусира на класификација на сликата на слични пресеци (слики). Резултатите беа анализирани од страна на медицинскиот персонал од Одделот за онкологија и беа означени како задоволителни (за утврдување на ракот во T3 фаза).

За идна работа, планираме да направиме понатамошна анализа, каде што ќе го промениме излезот од длабоката невронска мрежа, каде што ќе излезот од мрежата ќе продуцира две вредности (0 и 1), притоа алгоритмот ќе треба да утврди дали на сликата може да се детектира повеќе дека има или дека нема рак. На овој начин, можеме да ја класифицираме сликата не само како децимална вредност помеѓу 0,0 или 1,0, туку и споредба тоа колку е 0 (нема рак) а колку е 1 (рак). Исто така, за идна работа се планира подобрување на алгоритмот, каде што истиот ќе значи на сликата, доколку е детектирано рак, во кој дел од сликата е истиот детектиран.

## Референци

1. Lai, C.F., Vasilakos, A.V., Mobile multimedia services over cloud computing, E-Letter 2010 in Multimedia Communications Technical Committee, IEEE Communications Society
2. La, H. J. and Kim, S. D. 2010. A Conceptual Framework for Provisioning Context-aware Mobile Cloud Services. In IEEE CLOUD (p./pp. 466-473), IEEE. ISBN: 978-1-4244-8207-8
3. Wenwu, Z., Chong, L., Jianfeng, W. and Shipeng, L. 2011. Multimedia Cloud Computing. In IEEE Signal Processing Magazine, (Volume:28, Issue: 3) pp.59-69. ISSN:1053-5888 (May 2011) DOI:10.1109/MSP.2011.940269
4. Kovachev, D., Yu, T., Klamma, R. 2012. Adaptive Computation Offloading from Mobile Devices into the Cloud. In Proceedings of the 2012 IEEE 10th International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA '12). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 784-791. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/ISPA.2012.115>
5. "3D Camera" <http://www.androidpit.com/en/android/market/apps/app/com.ens.threedecamera.lite/3D-Camera> (July 2013)
6. Jakimovski, G., Karadimce, A., Davcev, D., Multimedia Content Delivery between Mobile Cloud and Mobile Devices, ADHOC-NOW 2014: Ad-hoc Networks and Wireless, pp 3-11, Spain, 2014
7. Wang, S., Dey, S.: Adaptive mobile cloud computing to enable rich mobile multimedia applications. IEEE Trans. Multimedia 15(4), 870–883 (2013)
8. Agboma, F., Liotta, A., Quality of experience management in mobile content delivery systems, Springer 2010, DOI:10.1007/s11235-010-9355-6, pp. 85–98, (2010)
9. Hung, C., Hong, L., Bandwidth sensitive content transformation in pervasive computing, IEEE ISCC, 2000, pp 14-19
10. Alabbadi, M. M., Mobile learning (mLearning) based on cloud computing: mLearning as a service (mLaaS), Proc. UBIComm 2011: The Fifth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies. IARIA, pp. 296-302, (2011).
11. Blair, A., et al., Cloud based Dynamically Provisioned Multimedia Delivery: An Elastic Video Endpoint, Proc. The Third International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization, IARIA, CLOUD COMPUTING 2012, 22-27 Jul. 2012. Nice, France. ISBN: 978-1-61208-216-5. pp. 260-265, (2012).
12. Chen, S., Lin, M., Zhang, H., Research of mobile learning system based on cloud computing, Proc. of the International Conference on e-Education, Entertainment and e-Management ICEEE, 27-29 Dec. 2011. ISBN: 978-1-4577-1381-1 pp. 121-123, (2011).
13. Hirsch, B., Ng, J. W.P., Education Beyond the Cloud: Anytime-anywhere learning in a smart campus environment, Proc. of the 6th International Conference of Internet Technology and Secured Transactions, 11-14 Dec. 2011, Abu Dhabi, United Arab Emirates. ISBN: 9781457708848. pp. 718-723, (2011).
14. Saranya, M., Vijayalakshmi, M., Interactive mobile live video learning system in cloud environment, Proc. IEEE-International Conference on Recent Trends in Information Technology, ICRTIT, June 2011, ISBN: 978-1-4577-0588-5. pp. 673- 677, (2011).
15. Mayer, R. E., Multimedia learning. New York: Cambridge University Press, (2001).
16. Mayer, R. E., Massa, L. J., Three facets of visual and verbal learners: Cognitive ability, cognitive style and learning preference, Published in Journal of Educational Psychology, DOI: 10.1037/0022-0663.95.4.833. pp. 833-846, (2003).
17. Davcev, D., Jakimovski, G., Scepanovic, S., Model of M-Learning by Multimedia Content Delivery from mCloud to Mobile Devices, CL 2017: Teaching and Learning in a Digital World pp 795-802, Budapest, Hungary, 2017
18. Davcev, D., Jakimovski, G., Reckoska-silkoska, U., Computer competence for knowledge management in engineering and business education and project development, ICWI - Internet conf, Budapest, Hungary, 2018
19. Jakimovski, G., Davcev, D., Model for mobile, collaborative and multimedia e-learning environment, 14th International Conference on Teaching, Education and Learning (ICTEL), 2017, Lisbon
20. Jun-Teng Hsu, Sung-Huai Hsieh, Po-Hsun Cheng, Sao-Jei Chen, Ubiquitous Mobile Personal Health System Based on Cloud Computing, IEEE TENCON, 2011, pp 1387 - 1390
21. Wan D. Bae, Shayma Alkobaisi, Sada Narayanappa, A Mobile Data Analysis Framework for Environmental Health Decision Support, NICIT – NG, 2012, pp 155 - 161
22. Sarlan A., Ahmad R., Ahmad W. F. W., Dominic P.D.D., Users' Behavioral Intention to Use Clinic Information System: A Survey, 2012 International Conference on Computer & Information Science (ICIS) Volume:1, 2012, pp 37 – 43

23. Kang, K., Wang, Q., Hur J., Park K., Sha L., Medical-Grade Quality of Service for Real-Time Mobile Healthcare, *Computer: Computing in healthcare* Feb. 2015, pp 41 – 49
24. Madiseti, V., Bahga, A., Healthcare Data Integration and Informatics in the Cloud, *Computer: Computing in healthcare* Feb. 2015, pp 50 – 57
25. Kiran, V., Prasad, R., Venugopal, T., Mobile Cloud Computing for Medical Applications, *IEEE INDICON*, 2014
26. Peddi, S., Yassine, A., Shirmohammidi, S., Cloud Based Virtualization for a Calorie Measurement e-health Mobile Application, *IEEE ICMEW*, 2015, pp 1 – 6
27. Kumari, P., Sreeni, K., Scalable Rendering of Various Density Point Cloud Data, *IEEE WHC*, 2013, pp 91-96
28. C., Crema, A. Depari, A., Flammini, M., Lavarini, E., Sisinni, A., Vezzoli, A smartphone-enhanced pill-dispenser providing patient identification and in-take recognition, *Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2015 IEEE International Symposium on, 7-9 May 2015, pp: 484 – 489
29. Martin, E., Nugent, C., Bond, R., Finlay, D., Breen, C., Diagnosis of the electrocardiogram using a Smartphone, 2014 IEEE 27th International Symposium on Computer-Based Medical Systems, pp: 491-492
30. Constantinescu, L., Kim, J., Feng, D., SparkMed: A Framework for Dynamic Integration of Multimedia Medical Data Into Distributed m-Health Systems, *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE*, VOL. 16, NO. 1, JANUARY 2012, pp: 40-52
31. Lomotey, R. K., Deters, R., Mobile-base medical data accessibility in mHealth, 2nd IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering, IEEE, 2014, pp 91-101
32. Simon Bukard, “Near Field Communication in Smart Phones”, Technical University of Berlin, 2013
33. Yeo S.M., Sankaranarayanan S., Near Field Communication based Patient Appointment, 2013 IEEE International Conference on Cloud & Ubiquitous Computing & Emerging Technologies (CUBE), 2013, pp 98 - 103
34. Li, J., Ensuring Privacy in a Personal Health Record System, *Computer: Computing in healthcare* , Feb. 2015, pp 24 – 31
35. Iglesias R., Parra J., Experiencing NFC-based Touch for Home Healthcare, 2nd ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2009, Article No. 27
36. Siden J., Skerved V., Gao J., Home Care with NFC Sensors and a Smart Phone, 4th ACM International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 2011, pp 155-161
37. Sethia, D. , Gupta, D., Mittal, T. , Arora, U. , Saran, H., NFC Based Secure Mobile Healthcare System, 2014 Sixth IEEE International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS), 2014 , pp 1 - 6
38. Kleber V., Pascal Filho D., Westphall, C., Providing Response to Security Incidents in the Cloud Computing with Autonomic Systems and Big Data, Eleventh Advanced International Conference on Telecommunications, At Brussels, Belgium, Volume: 1, June 2015
39. Hoang, D., Chen, L., Health Records Protection in Cloud Environment, 2014 IEEE 13th International Symposium on Network Computing and Applications, pp:85-90
40. Weider, Y., Davuluri, L., Radhakrishnan, M., Runiassy, M., A Security Oriented Design (SOD) Framework for eHealth Systems, 2014 IEEE 38th Annual International Computers, Software and Applications Conference Workshops, pp: 122- 127
41. Amenola, S., Lodato, R., Manzari, S., Occhiuzzi, C., Marrocco, G., RFID Technology for IoT-Based Personal Healthcare in Smart Spaces, *IEEE IOT Journal*, April 2014, pp 144-152
42. Rahman, F., William, D., PriDaC: Privacy Preserving Data Collection in Sensor Enabled RFID based Healthcare Services, *IEEE ISHASE*, 2014, pp
43. Xie, W., Xie, L., Zhang, C., Zang, Q., Tang, C., Cloud-based RFID Authentication, International conference on RFID, IEEE, 2013, pp 168-175
44. Dimokas, N., Kalogirou, K., Spanidis, P., Building Adaptive user interface using cloud computing, *IEEE CSCESM*, 2015, pp 55-60
45. Laakko, T., Hiltunen, T., Adapting web content to mobile user agents, *IEEE IC*, Vol. 9, 2005, pp 46-53
46. Zhang, H., Ma, W., Adaptive Content Delivery on Mobile Internet across Multiple Form Factors, *IEEE MMC*, 2004
47. Maggiorini, D., Ribboni, D., Continuous Media Adaptation for Mobile Computing Using Coarse-Grained Asynchronous Notifications, *IEEE SAINT*, 2005, pp 162-165
48. Ding D., Li, Y., Ai, L., An Adaptive Resource Scheduling Mechanism Based on User Behavior Feedback in Cloud Computing, *IEEE PDC*, 2012, pp 543-547

49. Ahleghagh, H., Dey, S., Adaptive Bit Rate Capable Video Caching and Scheduling, IEEE WCNC, 2013, pp 1357-1362
50. Mainetti, L., Patrono, L., Secco, A., Sergi, I., An IoT –aware AAL System for Elderly people, International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech), Croatia, 2016
51. Park, S., Chen, Y., Patient Strategies as Active Adaptation: Understanding Patient Behaviors During an Emergency Visit, CHI 2017, Colorado, 2017, pp: 880-892
52. Vincent, C., Jayaraj, J., N-Pattern Huffman Compression Algorithm for Medical Images in TeleMedicine, JCP 11(5), 2016, pp 365-373
53. Jha, C., Kolekar, M., Efficient ECG data compression and transmission algorithm for telemedicine, COMSNET, 2016, pp 1-6
54. Palendeng, M., Zhang, Q., Pang, C., Li, Y., EEG data compression to monitor DoA in telemedicine, HIC, 2012, pp 163-168
55. Kumar, V., Suresh, C., Giri, V., Direct data compression of ECG signal for telemedicine, J. Systems Science 37 (1), 2006, pp: 45-63
56. Shaiboun, M., Shaheen, M., Streaming medical images using video compression, ISCC, 2016, pp: 125-128
57. Chen, T., Wu, Y., Lin, Y., Medical Encryption Based on H.264/AVC with Near-lossless Compression, IIH-MSP, 2009, pp: 889-892
58. Shyamsunder, R., Eswara, C., Sriraam, N., Compression of Patient Monitoring Video Using Motion Segmentation Technique, J. Medical Systems 32 (2), 2007, pp 109-116
59. Lyndon, D., Kumar, A., Kim, J., Leong, K., Feng, D., Convolutional Neural Networks for Medical Clustering, CLEF (Working Notes) 2015
60. Lai, M., Deep Learning for Medical Image Segmentation, CoRR abs/1505.02000, 2015
61. Elalfi, A., Eisa, M., Ahmed, H., Artificial Neural Networks in Medical Images for Diagnosis: Heart Valve Diseases, IJCSI, September 2013, pp: 83-90
62. Wlodarczark, P., Soar, J., Multimedia Data Mining using Deep Learning, IEEE ICDIPC 2015, Sierre, pp 190-196
63. Chengjian, S., Zhu, S., Shi, Z., Image Annotation Via Deep Neural Network, IEEE IAPR 2015, Japan, pp 518 – 521
64. Alhamali, A., Salha, N., Morcel, R., FPGA Accelerated Hadoop Cluster for Deep Learning computations, IEEE DMW 2015, pp 565 – 574
65. Dhungel, N., Carneiro, G., Bradley, A., Automated Mass Detection in Mammograms using Cascaded Deep Learning and Random Forests, IEEE DICTA, 2015, pp 1-8
66. Golkov, V., Dosovitskiy, A., Sperl, J., q-Space Deep Learning: Twelve-Fold Shorter and Model-free Diffusion MRI Scans, IEEE TMI, 2016, Vol. 35, pp 1344 – 1351
67. Anavi, Y., Kogan, I., Gelbart, E., A comparative study for chest radiograph image retrieval using binary, texture and Deep Learning classification, IEEE EMBC, 2015, pp 2940 – 2943
68. Huang, T., Gao, F., Wang, J., Combining Deep Convolutional Neural Network and SVM to SAR Image Target Recognition, International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), United Kingdom, 2017
69. Stanitsas, P., Cherian, A., Truskinovsky, A., Active convolutional neural networks for cancerous tissue recognition, International Conference on Image Processing (ICIP), 2017, China
70. Cruz-Roa AA., Arevalo Ovalle JE., Madabhushi A., González Osorio FA., A deep learning architecture for image representation, visual interpretability and automated basal-cell carcinoma cancer detection, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2013, Japan
71. Sarraf, S., Tofinghi, G., Deep learning-based pipeline to recognize Alzheimer's disease using fMRI data, Future Technologies Conference, USA, 2016
72. Jakimovski, G., Davcev, D., Lung cancer medical image recognition using Deep Neural Networks, ICDIM 2018, Berlin, Germany, 2018
73. Nguyen, K., Fookes, C., Sridharan, S., Improving deep convolutional neural networks with unsupervised feature learning, International Conference on Image Processing (ICIP), Quebec, Canada, 2015
74. Alakwaa, W., Nassef, M., Badr, A., Lung Cancer Detection and Classification with 3D Convolutional Neural Network (3D-CNN), International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 8, No. 8, 2017

75. Kirienko, M., Sollini, M., Silverstri, G., Mognetti, S., Convolutional Neural Networks Detect Local Infiltration of Lung Cancer Primary Lesions on Baseline FDG-PET/CT, Conference on Medical Imaging with Deep Learning (MIDL 2018), Amsterdam, The Netherlands, 2018
76. Mesleh, A., Lung Cancer Detection Using Multi-Layer Neural Networks with Independent Component Analysis: A Comparative Study of Training Algorithms, Jordan Journal of Biological Sciences, 2017, pp 239-249
77. Rossetto, A., Zhou, W., Deep Learning for Categorization of Lung Cancer CT Images, IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies, 2017
78. Hu, S., Sun, L., Gui, C., Content Aware Adaptation scheme for QoE optimized dash applications, IEEE Glob Comm, 2014, pp 1336 – 1341
79. Gabale, V., Dutta, P., Kokku, R., In Site: QoE-aware Video Delivery From Cloud Data Centers, IEEE IWQoS, 2012, pp 1-9
80. Tran, H., Mellouk, A., Hoceini, S., QoE Content Distribution Network for Cloud Architecture, IEEE NCCA, 2011, pp 14-19
81. Vandenbrucke, K., Moor, K., Marez, L., Use- and QoE-related Aspects of Personal Cloud Applications: An Exploratory Survey, IEEE QoMEX, 2013, pp 36-37
82. Tang, W., Nguyen, T., Huh, E., A Survey Study on QoE Perspective of Mobile Cloud Computing, IEEE ICISA, 2014, pp 1-4
83. Costa, F., Castro, C., Muller, C., Cloud Services Evaluation Through QoE: A Methodological Approach, IEEE SBAC-PAD, 2015, pp 122-129
84. Zhou, X., Sun, M., Wang, Y., A new QoE-driven Video Cache Allocation Scheme for Mobile Cloud Server, IEEE QSHINE, 2015, pp 122-126
85. Hobfield, T., Schatz, R., Varela, M., Timmerer, C., Challenges of QoE Management for Cloud Applications, IEEE CM, Vol. 50, 2012, pp 28-36
86. Wang, C., Kim, H., Morla, R., Users Know Better: A QoE Based Adaptive Control System for VoD in the Cloud, IEEE GLOBECOM, 2015, pp 1-6
87. Allayiotis, E., Antoniou, J., Technical Considerations towards mobile user QoE Enhancement via Cloud, IEEE IWCMC, 2014, pp 936-941
88. Hsu, W., Lo, C., QoS/QoE Mapping and Adjustment Model in the Cloud-based Multimedia Infrastructure, IEEE SJ, 2014, Vol. 8, pp 247-255
89. Davcev, D., Jakimovski, G., Ergonomics Design of healthcare NFC-based System, AHFE 2015, Vol. 3, pp 5631-5638
90. Jakimovski, G., Danco, D., Ergonomics Design in secure e-healthcare information system, AHFE 2016, Vol. 4,
91. Jakimovski, G., Davcev, D., Ergonomic Analysis of a Multimedia Medical Content Delivery System, IHSI 2018, San Diego, USA, accepted for presentation
92. Jakimovski, G., Ivanovski, Z., Analysing medical video compression parameters to minimize the effects of artefacts, ETAI 2016, Macedonia, 2016
93. Jakimovski, G., Davcev, D., Using Double Convolution Neural Network for Lung Cancer Stage Detection, MDPI, Applied Sciences – Basel, doi: 10.3390/app9030427
94. Ivanov, A.; Zhilenkov, A. The Prospects of Use of Deep Learning Neural Networks in Problems of Dynamic Images recognition. In Proceedings of the EICoN Rus: Moscow, Russia, 29 January–1 February 2018.
95. Huang, T.; Gao, F.; Wang, J. Combining Deep Convolutional Neural Network and SVM to SAR Image Target Recognition. In Proceedings of the International Conference iThings and IEEE GreenCom and IEEE CPSCo and SmartData, Exeter, UK, 21–23 June 2017.
96. Li, J.; Wang, C.; Wang, S.; Zhang, H.; Zhang, B. Classification of very high resolution SAR image based on convolutional neural network. In Proceedings of the International Workshop RSIP, Shanghai, China, 19–21 May 2017.
97. Sarraf, S.; Tofinghi, G. Deep learning-based pipeline to recognize Alzheimer’s disease using fMRI data. In Proceedings of the Future Technologies Conference, San Francisco, FL, USA, 6–7 December 2016.
98. Mesleh, A. Lung Cancer Detection Using Multi-Layer Neural Networks with Independent Component Analysis: A Comparative Study of Training Algorithms. Jordan J. Biol. Sci. 2017, 10, 239–249.
99. Kim, B.; Sung, Y.; Suk, H. Deep feature learning for pulmonary nodule classification in a lung CT. In Proceedings of the 2016 4th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI), Yongpyong, South Korea, 22–24 February 2016.
100. Xie, Y.; Xia, Y.; Zhang, J. Knowledge-based Collaborative Deep Learning for Benign-Malignant Lung Nodule Classification on Chest CT. IEEE Trans. Med. Imaging 2018, doi:10.1109/TMI.2018.2876510.

101. Jiang, H.; Ma, H.; Qian, W. An Automatic Detection System of Lung Nodule Based on Multigroup Patch-Based Deep Learning Network. *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 2017, 22, 1227–1237.
102. Nobrega, R.; Peixoto, S.; Silva, S.; Lung Nodule Classification via Deep Transfer Learning in CT Lung Images. In *Proceedings of the 2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, Karlstad, Sweden, 18–21 June 2018.
103. Jiang, J.; Hu, Y.; Liu, C. Multiple Resolution Residually Connected Feature Streams for Automatic Lung Tumor Segmentation from CT Images. *IEEE Trans. Med. Imaging* 2018, 38, 134–144.
104. Jin, T.; Cui, H.; Zeng, S.; Learning Deep Spatial Lung Features by 3D Convolutional Neural Network for Early Cancer Detection. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*, Sydney, NSW, Australia, 29 November–1 December 2017.
105. Fan, L.; Xia, Z.; Zhang, X.; Feng, X. Lung nodule detection based on 3D convolutional neural networks. In *Proceedings of the 2017 International Conference on the Frontiers and Advances in Data Science (FADS)*, Xi'an, China, 23–25 October 2017.
106. Kanitkar, S.; Thombare, N.; Lokhande, S.; Detection of lung cancer using marker-controlled watershed transform. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC)*, Pune, India, 8–10 January 2015.
107. Miah, B.; Yousuf, M. Detection of lung cancer from CT image using image processing and neural network. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, Dhaka, Bangladesh, 21–23 May 2015.
108. Koc, G.; Sarioglu, B. Statistical analysis of threshold algorithms in image processing based cancer cell detection. In *Proceedings of the 2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference*, Trabzon, Turkey, 23–25 April 2014.
109. Taher, F.; Werghi, N.; Al-Ahmad, H. A thresholding approach for detection of sputum cell for lung cancer early diagnosis. In *Proceedings of the IET Conference on Image Processing (IPR 2012)*, London, UK, 3–4 July 2012.
110. Cakar, E.; Turker, A.; Guleryuz, E.; Karaca, A. Detection of Candidate Nodules in Lung Tomography by Image Processing Techniques. In *Proceedings of the 2017 21st National Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT)*, Istanbul, Turkey, 24 November–26 December 2017.
111. Swetha, T.; Bindu, C. Detection of Breast cancer with Hybrid image segmentation and Otsu's thresholding. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet)*, Trivandrum, India, 16–19 December 2015.
112. Xue, J.; Titterington, M. t-Tests, F-Tests and Otsu's Methods for Image Thresholding. *IEEE Trans. Image Process.* 2011, 20, 2392–2396.
113. Stanitsas, P.; Cherian, A.; Truskinovsky, A. Active convolutional neural networks for cancerous tissue recognition. In *Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP)*, Beijing, China, 17–20 September 2017.
114. Alakwaa, W.; Nassef, M.; Badr, A. Lung Cancer Detection and Classification with 3D Convolutional Neural Network (3D-CNN). *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 2017, 8, doi: 10.14569/IJACSA.2017.080853.
115. Tafti, P.; Bashiri, F.; LaRose, E. Diagnostic Classification of Lung CT Images Using Deep 3D Multi-Scale Convolutional Neural Network. In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*, New York, NY, USA, 4–7 June 2018.
116. Kirienko, M.; Sollini, M.; Silverstri, G.; Mognetti, S. Convolutional Neural Networks Detect Local Infiltration of Lung Cancer Primary Lesions on Baseline FDG-PET/CT; MIDL: Amsterdam, The Netherlands, 2018.
117. Zong, Z.; Kim, Y. 3D fully convolutional networks for co-segmentation of tumors on PET-CT images. In *Proceedings of the IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2018)*, Washington, DC, USA, 4–7 April 2018.
118. Rossetto, A.; Zhou, W. Deep Learning for Categorization of Lung Cancer CT Images. In *Proceedings of the IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies*, Philadelphia, Pennsylvania, 17–19 July 2017.
119. Cruz-Roa, A.A.; Arevalo Ovalle, J.E.; Madabhushi, A.; González Osorio, F.A. A Deep Learning Architecture for Image Representation, Visual Interpretability and Automated Basal-Cell Carcinoma Cancer Detection. In *Proceedings of the MICCAI*, Nagoya, Japan, 22–26 September 2013.