

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

«Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

Тузелбаев Максат Джайбергенович

RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін  
тану жүйесін модельдеу

## **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Мамандығы 5B071900 - Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай

« 23 » 05 2022ж.


### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Пікір беруші   
ХАТУ т.ғ.к, қауым. профессор

 Б.Л.Илипбаева

« 23 » мамыр 2022 ж.

Түзелбаев Максат Джайбергенович

Ғылыми жетекші  
ЭТЖҒТ каф. Сениор -  
лекторы, т.ғ.м.

 Д.Ж. Утебаева


« 20 » мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты  
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы  
5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай  
« 21 » 8 2021 ж

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Тузелбаев Максат Джайбергенович

Тақырыбы: «RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу»

Университет ректорының «21» 12 2021 ж. № 486-П бұйрығымен бекітілген Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» 04 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) RTL-SDR көмегімен анықталатын радиобайланыстың базалық және бағдарламалық негіздері.
- 2) Ұялы байланыс жүйелері және оның жиілік ауданында бөлінуі
- 3) RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс жиіліктерін алу жүйесін модельдеу

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) RTL-SDR радиоқабылдағышының техникалық сипаттамалары.
- б) Ұялы байланыс жүйелерінің жиіліктерін тану және сараптау
- в) Ұялы байланыс жүйелерінің жиіліктерін MATLAB Simulink бағдарламасы арқылы модельдеу

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс) : Ұялы байланыс жүйелерінің жиіліктерін MATLAB Simulink бағдарламасы арқылы модельдеу сұлбасы




Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):  
Сызбалық материалдар 30 слайдпен берілсін.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2022 -01.02.2022	орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2022 -01.03.2022	орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2022 -30.05.2022	орындалды

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Д.Ж. Утебаева, ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, т.ғ.м.	08.02.22	
Теориялық ақпарат	Д.Ж. Утебаева, ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, т.ғ.м.	28.03.22	
Норма бақылау	Ж.М. Досбаев, ЭТжҒТ каф. т.ғ.м.	25.05.2022	

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_  Д.Ж. Утебаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  М. Д. Тузелбаев

Күні “23” мамыр, 2022 ж.

## ANNOTATION

In this work, work was carried out on recognition and modeling of mobile communication frequencies that are currently in use. In the course of the work, the existing frequencies of the mobile phone operator operating on several frequencies were obtained.

For this purpose, work was carried out using the RTL - SDR receiver and the MATLAB&Simulink program. In the course of the work, we used the NooElec RTL – SDR receiver, which obtained mobile communication frequencies between these frequencies, since this receiver operates between 24 MHz and 1770 MHz. Among these frequencies, the frequencies of the international GSM network were adopted by the RTL - SDR device.

In order to determine whether the frequency is in use, the frequencies used were taken from the mobile phone. To get the frequency of your mobile phone, use the CellMapper mobile app. After determining the existing frequencies. The frequency response was obtained using Matlab & Simulink and RTL - SDR receivers.

Graphs of spectral analysis of the obtained frequencies and spectral waterfall were obtained.

In the thesis, a model representing the frequency of mobile communication was developed in the Simulink program.

## АННОТАЦИЯ

В данной работе была проведена работа по распознаванию и моделированию используемых в настоящее время частот мобильной связи. В ходе работы были получены существующие частоты оператора сотовой связи, работающего на нескольких частотах.

Для этого была проведена работа с использованием приемника RTL - SDR и программы MATLAB&Simulink. В процессе работы мы использовали приемник NooElec RTL-SDR поскольку этот приемник работает в диапазоне 24 МГц – 1770 МГц, мы получили частоты мобильной связи между этими частотами. Среди этих частот были приняты частоты международной сети GSM с устройством RTL - SDR.

Чтобы определить, используется ли частота, по мобильному телефону были получены существующие частоты. Для получения частоты мобильного телефона было использовано мобильное приложение CellMapper. После определения существующих частот. С помощью Matlab&Simulink и приемника RTL - SDR были удалены частоты.

Получены графики спектрального анализа полученных частот и спектрального водопада.

В дипломной работе модель, предлагающая частоту сотовой связи, была создана в программе Simulink.

## АҢДАТПА

Бұл жұмыста қазіргі таңда қолданыста жүрген мобильді байланыс жиіліктерін тану және модельдеу жұмысы жүргізілді. Жұмыс барысында бірнеше жиілікте жұмыс жасайтын ұялы телефон операторының қолданыстағы жиіліктері алынды.

Ол үшін RTL - SDR қабылдағышын және MATLAB&Simulink бағдарламасын қолдана отырып жұмыс жасалынды. Жұмыс барысында NooElec RTL – SDR қабылдағышын қолдандық бұл қабылдағыш 24 МГц – 1770 МГц аралығында жұмыс жасайтын болғандықтан осы жиілік арасындағы мобильді байланыс жиіліктерін алынды. Бұл жиіліктер арасында халықаралық GSM желісінің жиіліктерін RTL - SDR құрылғысымен қабылданды.

Жиіліктің қолданыста екенін анықтау үшін ұялы телефон арқылы қолданыстағы жиіліктерді алынды. Ұялы телефон жиілігін алу үшін CellMapper мобильді қосымшасын пайдаланылды. Қолданыстағы жиіліктерді анықталғаннан кейін Matlab&Simulink және RTL - SDR қабылдағышы көмегімен жиіліктерін алып жауаптары алынды.

Алынған жиіліктерді спектрлік анализден және спектрлік сарқырамадан өткізкілген графиктер алынды.

Дипломдық жұмыста ұялы байланыс жиілігін ұсынатын моделі Simulink бағдарламасында жасалынды.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	RTL-SDR КӨМЕГІМЕН АНЫҚТАЛАТЫН РАДИОБАЙЛАНЫСТЫҢ БАЗАЛЫҚ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ	10
1.1	Жұмысты бастау үшін қажетті құрылғылармен бағдарламалар	13
1.2	SDR жабдықтары: компьютерлік жүйеге қойылатын талаптар	18
1.3	SDR бағдарламалық жасақтамасы: MathWorks MATLAB және Simulink	18
2	ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖИІЛІК АУДАНЫНДА БӨЛІНУІ	20
2.1	2G мобильді сигналдары	21
2.2	3G мобильді сигналдары	22
2.3	4G мобильді сигналдары	22
3	RTL-SDR КӨМЕГІМЕН ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖИІЛІКТЕРІН АЛУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ	24
3.1	MATLAB бағдарламалық ортасын жұмысқа дайындау	24
3.2	Мобильді сигнал жиіліктерін алу	31
	ҚОРЫТЫНДЫ	38
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	39



## КІРІСПЕ

SDR-ді "физикалық деңгейдің кейбір немесе барлық функцияларын бағдарламалық жасақтама анықтайтын радио қабылдағыш"деп анықтайды. Бұл архитектураның икемді екенін білдіреді, сондықтан радиоқабылдағышты кейде нақты уақыт режимінде әр түрлі стандарттар мен сигнал формаларына, жиілік диапазондарына, өткізу қабілеттілігіне және жұмыс режимдеріне бейімдеуге болады. Яғни, SDR-бұл көп функциялы, бағдарламаланатын және оңай жаңартылатын радио, ол әр түрлі қызметтер мен стандарттарды сақтай алады, сонымен бірге арзан энергия үнемдейтін шешім ұсынады.

Қазіргі таңда барлық есептеуші технологиялар сымсыз байланыспен жұмыс істей бастауда сол үшін барлық құрылғылардың талаптарына жауап бере алатын жүйе ол SDR жүйесі.

SDR – аты айтып отқандай бағдарланатын радио жүйе.Осы себептен әртүрлі құрылғылар сан түрлі параметрлері бар сигналдар таратады олар: жиілік, модуляция , кодтау және т.б параметрлерінің өзге болуында оның барлығына жауап беру үшін SDR технологиясы қолданылды.

RTL – SDR арзан және әуеқой қолданушыларға арналған құрылғы.Бұл құрылғы көмегімен мен ұялы телефон жиіліктерінің белсенділігін көруге болады.

# 1. RTL-SDR КӨМЕГІМЕН АНЫҚТАЛАТЫН РАДИОБАЙЛАНЫСТЫҢ БАЗАЛЫҚ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Бағдарламалық жасақтама анықтайтын радио (SDR) - бұл бағдарламалық жасақтамаға қабылдағыштың радиожиілік параметрлерін өзгертуге мүмкіндік беретін технология. Соңғы 20 жылда бағдарламалық жасақтама анықталған радио зерттеушілер мен әзірлеушілердің үлкен қызығушылығын тудырды. Мұндай құрылғылар физикалық деңгейдің функцияларын бағдарламалық түрде жүзеге асыру мүмкіндігімен ерекшеленеді, бұл аппараттық құралды өзгертпестен әртүрлі сигналдарды өңдеуді жүзеге асыруды қамтамасыз етеді. Арзан қабылдау құрылғыларының пайда болуымен бұл технологияға деген қызығушылық одан да арта түсті, өйткені ол ондаған мегагерцтен гигагерц бірліктеріне дейін жұмыс істейтін арзан радио құруға мүмкіндік береді. Бұл мақалада жиілік модуляцияланған сигналдарды қабылдау және демодуляциялау үшін RTL-SDR және MATLAB ортасын қолдану қарастырылған[8].

Есептеуіш технологиялар, сандық сигналдарды өңдеу және сандық байланыс алгоритмдері, жасанды интеллект, радиожиілік (RF) жабдықтарын жобалау, желілік топология және басқа да көптеген элементтердің заманауи жетістіктерімен қазіргі заманғы байланыс жүйелері жұмыс ортасына бейімделе алатын және нақты уақыт режимінде үлкен көлемде ақпарат бере алатын күрделі, ақылды, жоғары өнімді платформаға айналды. Байланыс жүйелері технологиясындағы соңғы қадам-бұл идеалды таратқыш пен қабылдағышты алу үшін барлық салалардағы ең соңғы жетістіктерді қолданатын бағдарламалық жасақтама немесе SDR деп аталады[1].

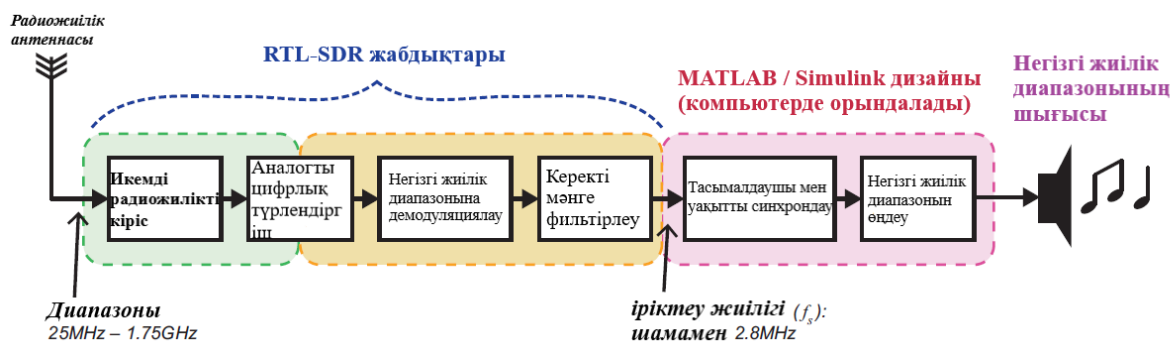
Бағдарламалық жасақтамамен анықталған радио антеннаны пайдаланып аналогтық радио сигналын қабылдау арқылы, содан кейін сигналды цифрландыру үшін аналогты-сандық түрлендіргішті (АСТ) қолдану арқылы жұмыс істейді. Содан кейін цифрланған сигналды стандартты компьютердегі сандық сигналдарды өңдеу бағдарламалық жасақтамасында өңдеуге болады.

Іс жүзінде АТС белгілі бір жиілікке дейін жұмыс істейді. RTL2832U-бұл 28,8 МГц-ке дейін жұмыс істейтін АСТ түрі. Жоғары жиілікті сигналдарды цифрландыру үшін барлық қабылданған жиіліктерді АСТ қолдана алатын жиіліктерге айналдыру үшін араластырғыш каскады қажет. Бұл тюнер чипінің жұмысы (мысалы, R820T/E4000).

RTL-SDR-бұл сіздің аймағыңызда нақты уақыт режимінде радио сигналдарын қабылдау үшін компьютерлік радио сканер ретінде пайдалануға болатын өте арзан ~ 30 долларлық USB кілт (интернет қажет емес). Нақты модельге байланысты ол 500 кГц-тен 1,75 ГГц-ке дейінгі жиіліктерді қабылдай алады. RTL-SDR деректерді жібере алмайды.

RTL-SDR жүйесінің шығу тегі RTL2832U чипсетіне негізделген теледидар тюнерлеріне арналған DVB-T сериялық кілттерінде жатыр. Антти Палосаари, Эрик Фрай және Стив Маркграф бірлесіп күш салу арқасында RTL2832U

чипсетіндегі өңделмеген I/Q мәліметтеріге тікелей қол жеткізуге болатындығы анықталды. DVB-T теледидар тюнерін арнайы бағдарламалық драйверді қолдана отырып, кең жолақты бағдарламалық радиоқабылдағышқа айналдыру арқылы өңделмеген мәліметтеріге қол жеткізуге болады[2].



1.1 Сурет – RTL-SDR қабылдағыштарының құрылымдық тізбегі

Flexible RF Front End – икемді радиожилікті кіріс.

Analogue to Digital Converter – Аналогты цифрлық түрлендіргіш.

Demodulation to Baseband – Сигналдың негізгі жиілік диапазонына демодуляциялау.

Decimation Filtering – бұл бастапқы жиіліктен бүтін мәнге дейін ерекшеленетін сигналдың іріктеу жиілігін төменгі іріктеу жиілігіне дейін азайту процесін фильтрлеу.

Carrier & Timing Synchronisation – Тасымалдаушы мен уақытты синхрондау.

Baseband Processing – Негізгі жиілік диапазонын өңдеу.

Тиісті жабдық конфигурациясы жағдайында (яғни дұрыс антеннаны пайдалану!) және сигналдардың сізге жақын жерде RTL-SDR сізге FM радио сигналдарын ғана емес, сонымен қатар UHF / DTV сигналдарын да қабылдауға мүмкіндік береді, сандық аудио хабар тарату (DAB) радио, GPS сигналдары, 2G, 3G және 4G ұялы сигналдары, тарату өнеркәсіптік, ғылыми және медициналық (ISM) ауқымдарда және т. б. іс жүзінде кез келген сигнал беріледі тюнердің жұмыс ауқымы. 1.2-суретте электромагниттік жиіліктегі кейбір радиожилік сигналдары көрсетілген құрылғы қабылдауы мүмкін спектрлер [2].

FM радиосы	87.5 – 108 MHz
Аэронавигациялық	108 – 117 MHz
Метеорологиялық	~ 137 MHz
Стационарлық мобилді байланыс	140 – 150 MHz
Арнайы іс-шараларды трансляциялау	174 – 217 MHz
Стационарлық мобилді байланыс (ғарыш-жер)	267 – 272 MHz
Стационарлық мобилді байланыс (Жер-Ғарыш)	213 – 315 MHz
ISM диапазоны (қысқа диапазон)	~ 433 MHz
Шұғыл қызметтер	450 – 470 MHz
Ультра жоғары жиілікті теледидарлық хабар тарату	470 – 790 MHz
4G LTE-A	800 MHz
SRD/ IoT	863 – 870 MHz
E-GSM диапазоны (Қазақстан)	925-960 MHz
GPS жүйелері	1227 MHz/1575MHz



## 1.2 Сурет – RTL-SDR үшін қол жетімді сигналдар

GSM сканері төмен GSM арналарын сканерлейді және сигнал деңгейі мен арнаның байланысы туралы ақпаратты ұялы байланыс операторларының біріне көрсетеді. Жұмыс нәтижелері бойынша сканер барлық сканерленген арналар үшін MCC, MNC, LAC және CI базалық станцияларының идентификаторларының тізімін сақтауға мүмкіндік береді.

GSM сканері GSM сигналының деңгейін бағалау, әртүрлі операторлардың сигнал сапасын салыстыру, ұялы сигнал күшейткіштерін орнату және олардың параметрлерін реттеу туралы шешім қабылдау кезінде, білім беру мақсатында және т. б. үшін пайдаланылуы мүмкін.

Realtek rtl2832u демодулятор чипіне негізделген құрылғылар нарықта 2010 жылы пайда болды. чип негізінен сандық теледидар қабылдағышы ретінде пайдалануға арналған (DVB-T стандарты), бірақ сонымен бірге бағдарламалық жасақтаманы анықтайтын радио режимін (SDR) қолдайды (бұл режимде құрылғымен бірге келетін бағдарламалық жасақтама аналогтық FM радиосын және DAB сандық тарату стандартын демодуляциялай алады). Чиптің ресми құжаттамасы көпшілікке қол жетімді емес, сондықтан оның SDR мүмкіндіктері біраз уақыт назардан тыс қалды. Алайда, 2012 жылға қарай бұл ақпарат Интернет арқылы кеңінен таралды және осы демодуляторға негізделген USB қабылдағыштары қарапайым және арзан SDR платформасы ретінде кеңінен қолданыла бастады және әдетте "RTL-SDR" деп аталады[9]. RTL-SDR құрылғыларының бөлшек сауда бағасы қазір шамамен 7 АҚШ долларынан басталады, бұл ең алдымен тюнер чипіне байланысты. Қабылдағыштың негізгі сипаттамалары: Аналогты-сандық түрлендіргіш ажыратымдылық-8 бит, максималды іріктеу жиілігі-3,2 МГц. Жиілік диапазоны белгілі бір құрылғыда қолданылатын тюнер чипімен анықталады. Ең кең жиілік диапазоны Elonics тюнерін ұсынады. E4000 шамамен 1100-ден 1250 МГц-ке дейінгі алшақтықты қоспағанда, 52-ден 2200 МГц-ке дейін. Қазіргі уақытта ең көп таралған тюнер-

Rafael Micro R820t [10], оның жиілік диапазоны 24-тен 1766 МГц-ке дейін. RTL-SDR қабылдағыштары тұтынушылық құрылғылар болғандықтан, олардың параметрлері сезімталдық, динамикалық диапазон, жиілік тұрақтылығы, фазалық Шу және т. б. кәсіби SDR жабдықтарымен салыстырғанда көптеген жақсы нәрселер қалады-басты артықшылықтар өте төмен баға, шағын өлшемдер және кең жиілік диапазоны.

### 1.1 Жұмысты бастау үшін қажетті құрылғылармен бағдарламалар

SDR жүйелерін енгізу үшін жабдық пен бағдарламалық жасақтамаға бірнеше талаптарды ескеру қажет.

SDR аппараттық құралы: NooElec қабылдағышы



1.3 Сурет – NooElec NESDR mini 2+ қабылдағышы

Біріншіден, ең бастысы, сізге nooelec nesdr RTL-SDR қабылдағышы қажет. Сіз оларды тікелей ала аласыз nooelec.com немесе олардың дүкенінен amazon.com, ebay.com және aliexpress.com секілді көптеген басқа сауда нүктелерімен қатар; және сіз бұл үшін төлеуге тура келетін баға 30 доллар / 13 500 теңгеден аз. Бұл құрылғылардың бірнеше түрлі формалары мен өлшемдері бар бірақ олардың барлығы бірдей функционалдылыққа ие және оларды бірдей қолдануға болады. Сондай-ақ, әртүрлі RF тюнерлерін қолданатын кейбір RTL-SDR бар (атап айтқанда, Elonics E4000, Rafael Micro R820t ); тағы да, олардың барлығы Функционалды және сіз SDR жобаларын бастау үшін кез-келген адамды пайдалана аласыз. Келесі кестеде RTL – SDR қабылдағышының бірнеше түрін көре аласыз.

1.1 Кесте – Басқа кең жолақты коммерциялық бағдарламалық анықталатын радиоқабылдағыштармен салыстыру

<b>SDR</b>	<b>Tune Low (MHz)</b>	<b>Tune Max (MHz)</b>	<b>RX Bandwidth (MHz)</b>	<b>АСТ шешімі (Bits)</b>	<b>Тарату?(Yes/No)</b>	<b>Баға (\$USD)</b>
RTL-SDR (R820T)	24	1766	3.2 / 2.56 тұрақты	8	No	~20
Funcube Pro+	0.15 410	260 - 2050	0.192	16	No	~200
Airspy	24	1800	10	12	No	199
SDRPlay	0.1	2000	8	12	No	149
HackRF	30	6000	20	8	Yes	299
BladeRF	300	3800	40	12	Yes	400 & 650
USRP 1	DC	6000	64	12	Yes	700

Дипломдық жұмыста қолданаты құрылғы R820T тюнерінде жұмыс жасайтын RTL – SDR қабылдағышы 1.1 кестеде көрсетіліп отырғандай 24 – 1766 МГц жиіліктерінде жұмыс жасайтын қабылдағыш 8 битте жұмыс жасайтын Аналогты сандық түрлендіргіштен (АСТ) тұрады. Келесі кестеде 1.2 қабылдағыштарда қолданатын тюнерлердің жиіліктерін салыстырамыз.

1.2 Кесте – Қабылдағыштарда қолданатын тюнерлер жиіліктері

<b>Тюнер</b>	<b>Жиілік диапазоны</b>
Elonics E4000	52 – 2200 MHz және 1100 MHz - 1250 MHz (арасында бос аралық)
Rafael Micro R820T/2/R860	24 – 1766 MHz
Fitipower FC0013	22 – 1100 MHz
Fitipower FC0012	22 – 948.6 MHz
FCI FC2580	146 – 308 MHz және 438 – 924 MHz (арасында бос аралық)

Осы жұмыста бізге 800 МГц - 2200 МГц аралығында сигнал қабылдайтын құрылғыларда жұмыс жасаймыз. Келесі суреттерде екі қабылдағышпен таныстырамыз олар RT820 және Elonics E4000 тюнерлерінде жұмыс жасайтын қабылдағыштар 1.4 - 1.5 суреттер.



1.4 Сурет – NooElec E4000 RTL - SDR қабылдағышы

NooElec RTL-SDR құрылғылары микрооаксиалды антенна портымен (MCX) жабдықталған және барлық бағыттағы MCX антеннасымен бірге келеді. Бұл антенна UHF (Ультра жоғары жиілік) диапазонында жақсы жұмыс істейтін етіп орнатылғанмен, ол "қораптан тыс" спектрді алдын-ала қарау және MATLAB және Simulink-Тегі негізгі жиілік диапазонында DSP өңдеу үшін бірқатар сигналдарды қабылдауға жарамды[2].

Elonics e4000 / Realtek rtl2832u комбинациясы - Elonics E4000 тюнері Rafael R820T-ге қарағанда басқаша жұмыс істейді, өйткені ол тікелей түсетін түрлендіргіш болып табылады және нөлдік IF-пен жұмыс істейді . Бұл дегеніміз, ол Радиожиілік сигналдарының кең жолағын (ені шамамен 10 МГц) квадратуралық демодуляцияны орындау кезінде if каскадынсыз негізгі жолаққа айналдырады [8]. Содан кейін негізгі жолақтың I және Q сигналдары rtl2832u-ға енгізіледі, дискреттеледі, децимацияланады және басқа архитектурадағыдай оның USB интерфейсі арқылы шығарылады. Elonics 2012 жылы E4000 өндірісін тоқтатты және нәтижесінде E4000 негізіндегі құрылғылар қоры азаяды. Осы себепті, сізде RTL SDR болуы мүмкін r820t/ RTL2832U тіркесімі қолданылады[12].





1.5 Сурет – NooElec NESDR mini 2+ қабылдағышы

Сіз өзіңіздің RTL-SDR-ді сатып алған кезде, ол кішкентай металл шыбық тәрізді барлық бағыттағы антеннамен аяқталған болуы мүмкін. Алайда, бұл құрылғымен бірге қолдануға болатын көптеген антенналардың бірі. Антенна антенналарға арналған IEEE стандарттарының анықтамаларымен "Электромагниттік толқындарды шығаруға немесе қабылдауға арналған тарату немесе қабылдау жүйесінің бөлігі" ретінде анықталады. Қарапайым тілмен айтқанда, бұл таратқыш пен қабылдағыштың жабдықтары мен радиожилік спектріндегі электромагниттік толқындар арасындағы интерфейс. Бұл кез-келген сымсыз жүйенің маңызды және ажырамас бөлігі, яғни антеннаны таңдау (көбінесе қолданбаға байланысты) оның сәтті болуы үшін өте маңызды болуы мүмкін. Осы кітапта практикалық жұмысқа көмектесу үшін антенналардың кейбір қасиеттеріне қысқаша шолу Осы бөлімде қарастырылады[2].

Rafael Micro R820t / Realtek rtl2832u комбинациясы [7] - Rafael Micro R820t тюнері (және оны жаңарту, R820T2) 3,57 МГц төмен жиілікті пайдаланады және радиожилік диапазонын (ені шамамен 6 МГц) осы жиілікке түрлендіреді . Алынған сигнал RTL2832U-да "if sampling" қосылымына енгізіледі, ол Орталық IF жиілігіне реттеледі және if сигналын негізгі жолаққа айналдырады . Осыдан кейін RTL2832U өзінің ADC көмегімен 28,8 МГц және 1 жылдамдықпен сигнал шығарады. IQ үлгілерін алу үшін квадратуралық демодуляцияны орындайды іріктеу жиілігін 2,8 МГц-ке дейін төмендету үшін децимация процесі жүзеге асырылады, содан кейін үлгілер оның USB интерфейсі арқылы шығарылады[11].





1.6 Сурет – Nooelec NESDR RTL-SDRs-пен бірге жеткізілетін барлық бағыттағы антенна

Жалпы алғанда, антенналар спектрдегі белгілі бір жиіліктер үшін бағытты күшейтуді қамтамасыз ету үшін (тар жолақты антенна) немесе үлкен жиілік диапазонында (кең жолақты антенна) төмен кіріспен бағытталмаған қабылдау үшін жасалуы мүмкін. Олар күшейту қасиеттері, жұмыс жиілігі және поляризация бойынша әр түрлі болуы мүмкін; мұның бәрі антеннаны қалаған сигналды қабылдау үшін қалай жақсы орналастыруға әсер етеді. RTL-SDR-де қолданылатын тюнерлер осындай кең жұмыс ауқымына ие болғандықтан, спектрді кейінірек осы тарауда зерттеген кезде кең жолақты антеннаны пайдалану керек (яғни. жылдам интернет үшін емес, кең жиілік диапазонында жақсы жұмыс істейтін антенна!)[2].

Антенна адаптері бұл антеннаның сипаттамасы болмаса да, антеннаға қатысты соңғы тақырып - бұл антенналар мен қабылдағыш жабдықтар арасында қолданылатын адаптерлер. Реттелген бағытталған антенналар дБ-де қабылданған сигналдардың күшеюін қамтамасыз ете алады, ал адаптерді дұрыс пайдаланбау әлсіреуіне байланысты оны жоққа шығаруы мүмкін. Адаптерлер мен коннекторлар сигналдарға арналған сүзгілер ретінде әрекет етеді, сондықтан олардың санын азайту және жоғары сапалы пайдалану маңызды. Антенна мен қабылдағыш арасында үлкен ұзындықтағы кабельді және көптеген адаптерлерді пайдалану ұсынылмайды, өйткені бұл кернеудің төмендеуіне байланысты сигнал қуатын (және сигнал сапасын) төмендетеді. Жақсы нәтижеге қол жеткізу үшін антенна мен қабылдағыш арасындағы байланыс мүмкіндігінше қысқа (және қарапайым) болуы керек.

Nooelec RTL-Sdr құрамына кіретін Әмбебап антенна оңай қосылатын MCX коннекторымен жабдықталған. Егер сіз басқа антеннаны қолданғыңыз

келсе, сізге адаптер қажет болуы мүмкін. 1.7-суретте стандартты MCX штекер пішіні көрсетілген. Қандай адаптерді қолдансаңыз да, ол бір аяғында болуы керек! NooElec веб-сайтының "SDR адаптерлері" бетінен бірнеше түрлі адаптерлерді сатып алуға болады[2].



1.7 Сурет – MCX штекері

## **1.2 SDR жабдықтары: компьютерлік жүйеге қойылатын талаптар**

Жүйенің егжей-тегжейлі талаптарын тізімдеу мүмкін емес (өйткені қазіргі уақытта көптеген нұсқалар бар!), Бірақ біз сізге "жақсы" процессоры бар заманауи компьютерді (мысалы, ең жаңа Intel i5, i7, AMD FX-8K сериясы немесе ұқсас ядро), кем дегенде 8 ГБ жедел жады және 30 ГБ қатты дискідегі бос орынды ұсынамыз. Сондай-ақ, сізге кем дегенде бір USB2.0 (немесе одан жоғары) тегін порт қажет болады және сіз демодуляциялайтын кез-келген дыбыстық сигналды тыңдау үшін дыбыстық карта бар компьютерді ұсынамыз. Егер сіздің компьютеріңіз жеткілікті жылдам болса, онда SDR-ді RTL-SDR-мен іске асырудың көп бөлігі нақты уақыт режимінде жұмыс істей алуы керек (яғни, процессор деректерді тез өңдей алады). Егер сіздің компьютеріңіз нақты уақыт режимінде жұмыс істей алмаса, онда сіз сигналдарды дискіге немесе бұлтқа жазып, содан кейін оларды офлайн режимде өңдей аласыз[2].

## **1.3 SDR бағдарламалық жасақтамасы: MathWorks MATLAB және Simulink**

Өзіңіздің SDR жүйелеріңізді жасамас бұрын, компьютерге MATLAB және Simulink орнату қажет болады. Бұл кітап MATLAB R2014b-ге негізделген және RTL-SDR аппараттық қолдау пакеті R2013b нұсқаларымен және кейінгі нұсқаларымен үйлесімді болғанымен, алдыңғы нұсқаны пайдалану кезінде файл үйлесімділігіне қатысты кейбір мәселелер туындауы мүмкін. Сондықтан,

мүмкіндігінше R2014b немесе одан кейінгі нұсқамен жұмыс істеуді ұсынамыз. Бұл бағдарламалық жасақтаманы сатып алуға болады.

RTL-SDR аппараттық қолдау пакетін барлық MATLAB пайдаланушылары жүктей және орната алады, сізде кәсіби, үй немесе студенттік лицензия бар ма. Осы кітаптағы жаттығуларды орындау үшін компьютерге келесі MathWorks құралдар жиынтығын орнату қажет. Бұл әзірлеу ортасында қосымша функцияларды (мысалы, сүзгілерді жобалау құралдары және жиілік аймақтары) қамтамасыз ететін ресми бағдарламалық қосымшалар:

- DSP System Toolbox - құралдар жинағы
- Communications System Toolbox- Байланыс жүйесіне арналған құралдар жиынтығы
- Signal Processing Toolbox - Сигналдарды өңдеуге арналған құралдар жиынтығы

MATLAB және Simulink сізге ыңғайлы кодтауға және қабылдағыштар жасауға болатын ортаны ұсынады, ал бұл toolboxes1 сізге кез-келген SDR қабылдағыш алгоритмін жүзеге асыру үшін қажетті құралдарды ұсынады. Олар сіздің жүйеңізге қажет сандық сүзгілер, декиматорлар және синхронизаторлар сияқты заттарды жасауға мүмкіндік беріп қана қоймайды, сонымен қатар демодуляция процесінде уақыт пен жиілік аймағында сигналдарды визуализациялауға мүмкіндік беретін құралдарды ұсынады[2].

## 2 ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖИЛІК АУДАНЫНДА БӨЛІНУІ

Байланыс-бұл әрқашан бір-бірінен қашықтықта орналасқан пайдаланушылар арасында ақпарат алмасу ортасы болған ғылымның үлкен бір бөлігі. Ол ашылғаннан кейін жеделхаттар мен хаттар телефондар жеделхаттар мен хаттарды ауыстырды. Сол сияқты, "мобильді" термині тек біздің ойымызбен шектелген жаңа инновацияларды ашып, байланыс саласында толығымен төңкеріс жасады. Ұялы байланыс қазіргі таңда қоғамның негізіне айналды. Мобильді байланыс технологиялары адамдардың өмірін жақсартты. Оның басты артықшылығы-оның қоғамның жалпы массасы үшін артықшылықтары бар. Бұл тарауда эволюция, сондай-ақ ұялы байланыстың негізгі әдістері талқыланады. Алғашқы сымды телефон жүйесі 1877 жылы іске қосылды.

Егер республикадағы ұялы байланыстың даму тарихын қысқаша баяндайтын болсақ, онда салыстырмалы түрде алыс 1994 жылдан бастау керек шығар, дәл сол кезде алғашқы ұлттық байланыс операторы "Алтел" пайда болды. Компания Motorola компаниясының технологиясы мен жабдықтарын қолдана отырып, әлемнің 70-тен астам елінде жұмыс істейтін AMPS стандартының қызметтерін ұсынды. Келесі маңызды оқиға 1998 жылы "Кар-Тел" компаниясының пайда болуы болды.

Бір жылдан кейін "Алтел" қазір жұмыс істейтін басқа байланыс стандартына - CDMA-ға көшті. Сол кезде компания клиенттерінің саны 15000-ға жетті, тағы 10000-ға жуық клиент "Тұмар" карточкалық желісінің арзан қызметтерін пайдаланды.

Сол 1999 жылы ұялы байланыс қызметтерін ұсыну құқығын "Жаршы" атты брэнд атауымен "толқын" корпорациясы (қазіргі - "Мобайл Телеком Сервис" ЖШС) алды. GSM Kazakhstan компаниясының Activ және K' Cell сауда маркасының коммерциялық іске қосылуы одан да қызықты факт болып табылады.

Қазіргі кезде Қазақстан Республикасында негізгі үш стандарт қолданамыз олар GSM(2G) , 3G және 4G(LTE) , ал 5G желісі Алматы және Нұр – сұлтан қалаларының кейбір аудандарында таралған. Қазақстанда бірнеше мобильді оператор өз қызметтерін ұсынады олар Activ , Kcell , Beeline , Altel және Tele2. 2.1 кестеде біз еліміздені ұялы телефон операторларының жұмыс жиіліктерін білеміз [13].

GSM-бұл екінші буынның арнайы стандарты. XX ғасырдың 80-ші жылдарының соңында цифрлық ұялы байланыс үшін жасалған. Уақыт пен жиілік туралы ақпаратты қабылдау және қайтару арқылы. 250МГц – 3ГГц диапазонымен шектелген деректерді беру үшін радио толқындар, әр интервал белгілі бір ұйымға жатады. Мысалы, әлемдік ұялы телефон өндірушілеріне 4 жиілік интервалы бөлінді, бұл:

- 1) 850 MHz;

- 2) 900 MHz;
- 3) 1800 MHz;
- 4) 1900 MHz.

### 2.1 Кесте – Қазақстандғы ұялы операторларының жиіліктері

<b>Операторлар</b>	<b>2G</b>	<b>3G</b>	<b>4G LTE</b>
<b>Altel</b>	900 МГц	850 МГц, 900 МГц (БС Tele2)	1800 МГц - band3
<b>Beeline</b>	900 МГц	2100 МГц	Алматы және Шымкент – 800 МГц (Band 20) және 1800 МГц (band 3); Орал және Ақсай – 1800 МГц(band 3); Қалған қалаларда желі жиілігі 800 МГц (band 20) жұмыс жасайды; Алматы 2100 МГц (band 1)
<b>Kcell</b>	900 МГц	2100 МГц	Алматы және Шымкент – 800 МГц (Band 20) и 1800 МГц (band 3); Қалған қалаларда желі жиілігі 800 МГц (band 20); 2100 МГц (band 1)
<b>Tele2</b>	900 МГц	900 МГц, 850 МГц (БС Altel)	1800 МГц - band3

Осы жиіліктерді ала отырып біз Қазақстанда бірдей жиілік тек **2G** желісінде бар екенін көре аламыз. Оның қалай жұмыс жасайтынын біз үшінші тарауда Cell Mapper бағдарламасы арқылы ұялы байланыс сигналдарын алып сараптау жасалды.

### 2.1 2G мобильді сигналдары

Ұлыбританияда 2G стандарты желінің негізі болып табылады және бір-бірінен 200 кГц қашықтықта орналасқан 890-дан 960 МГц-ке дейінгі диапазонда жұмыс істейді. GSM стандарты дауыстық қоңырауларға, мәтіндік және графикалық хабарламаларға (SMS, MMS) және баяу Интернетке қосылуға (WAP) қолдау көрсетеді. Ұялы байланыстың базалық станцияларынан телефонға берілетін GSM сигналдары "төмен түсетін арна" деп аталады, ал Ұлыбританияда

төмен түсетін арналар 935-тен 960 МГц-ке дейін. Телефоннан базалық станцияға жіберілген сигналдар "жоғары арна" арқылы беріледі және Ұлыбританияда олар 890-дан 915 МГц-ке дейін. GSM дабылы бірнеше ұялы телефон пайдаланушыларына арнаға (және тасымалдаушы сигналға) қол жеткізудің уақыт аралықтарын бөлу арқылы бір арна арқылы қол жеткізуге және қосылуға мүмкіндік беретін уақытты бөлу әдісі (TDMA) қолданылады.[2]

## **2.2 3G мобильді сигналдары**

UMTS 3G стандарты ұялы байланыстың одан әрі дамуы болды, ол пакеттік деректердің үлкен көлеміне бағытталған. Ол кең жолақты кодты бөлу (WCDMA) деп аталатын қосылу әдісін қолданады. GSM арналарының ені небары 200 кГц болса, UMTS арналарының ені 5 МГц, ал сигналдар кеңейтілген спектрлі сигнал ретінде бүкіл диапазонға беріледі. Осы стандартқа байланысты кең өткізу қабілеті бірнеше пайдаланушыларға бір уақытта қол жеткізу арқылы жоғары беру тиімділігін сақтай отырып, деректерді беру жылдамдығын арттыруға мүмкіндік берді. Уақыт аралықтарына сүйенудің орнына, әр пайдаланушының ұялы телефоны олармен жеке кодты сәйкестендіре отырып, қандай хабар тарату сигналдары оларға арналғанын анықтай алады[6].

Бұл сигналдардың көпшілігі 1700 МГц және одан жоғары жиілікте берілсе де, Ұлыбританияда 800-900 МГц диапазонында 3G сигналдары әлі де бар.Өкінішке орай, RTL-SDR өткізу қабілеттілігінің шектеулі болуына байланысты сіз бір құрылғыны пайдалану кезінде бір уақытта 5 МГц диапазонын көре алмайсыз, бірақ сіз оның және бұрын қарастырылған GSM сигналдарының арасындағы айырмашылықтарды тану үшін кеңейтілген спектрлі сигналды көре аласыз [7].

## **2.3 4G мобильді сигналдары**

LTE (Long Term Evolution) - бүкіл әлем бойынша енгізілетін ұялы байланыстың ең соңғы стандарттарының (4G) бірі. Ол алдыңғы инфрақұрылымға сүйенеді, қоғамның үнемі өсіп келе жатқан қосылу талаптарына байланысты деректерді беру жылдамдығын арттыруға назар аударады. Негізгі 4G стандарты (LTE іс жүзінде қол жетімді емес) тұрақты құрылғыларға 1 Гбит / с дейінгі деректерді жүктеу жылдамдығын анықтайды, бұл контексте көптеген Ethernet желілерінің жылдамдығынан шамамен 10 есе жылдам. LTE-Advanced деп аталатын LTE стандартының 'жаңартылған' нұсқасы қазіргі уақытта әлемнің әртүрлі қалаларында сынақтан өтуде және бұл мақсатқа сәл жақындауға бағытталған.

LTE ортогональды жиілікті бөлу (OFDMA) бірнеше қол жетімділік деп аталатын статистикалық мультиплексинг әдісіне көшу арқылы ұзақ мерзімді артықшылықтар ұсынуға тырысады. Бұл максималды және тиімді өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін жеке пайдаланушыларға ресурстарды тағайындау үшін уақытты да, жиілікті де бөлу арқылы бірнеше қол жетімділік байланысын қамтамасыз етеді. LTE сигналдарына арналған Tx және Rx арналарын Еуропадағы 800, 900, 1800 және 2600 МГц жиіліктерінен, сондай-ақ бүкіл әлемдегі басқа жиіліктерден табуға болады. Олар спектрде 1,4 МГц-тен 20 МГц-ке дейінгі әртүрлі өткізу қабілеттіліктерін иелене алады, сонымен қатар В-да сипатталғандай одан да үлкен өткізу қабілеттілігіне қол жеткізу үшін бір-біріне қосылу мүмкіндігі бар.

### 3. RTL-SDR КӨМЕГІМЕН ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖИІЛІКТЕРІН АЛУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ

Бұл дипломдық жұмыста *RTL-SDR* радиоқабылдағышын қолдана отырып, қазір Қазақстан республикасындағы мобильді байланыс жиіліктерін тану жүйесін модельдедік. Мобильдік байланыс жиілігін танып моделдеу үшін MatLab бағдарламасын және осы бағдарламаның қосымша плагині Simulink қолданылып жасалынды.

#### 3.1 MATLAB бағдарламалық ортасын жұмысқа дайындау

MatLab – техникалық мәселелерді есептеу арқылы шешетін бағдарламалар пакеті. MatLab тек есептемейді басқада қолдану жолдары бар олар модельдеу, симуляциялау, басқару бағдарламасы және т.б жерлерде қолданылады.[2] Бұл бағдарламалар пакеті *MathWorks* компаниясының лицензиямен таратылатын бағдарламасы. Оны біз MathWorks компаниясының ресми [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) сайтынан аламыз.

MathWorks ресми сайтына киргеннен кейін ең алдымен сайтқа тіркелеміз ол үшін мына парменді басамыз.

Егер сіз сайтқа тіркелген болсаңыз өз аккаунтыңызды жазып кіресіз, ал сізде жоқ болса “*Create one*” пәрменін басып жаңа қолданушы ретінде сайтқа тіркеліңіз.

Осы жұмыстар біткеннен кейін Matlab бағдрламасын жазып алу парақшасына өтеміз.

Бұл жерде бізге Matlab бағдарламасын жазуға үш түрлі жол берілген. Олар бірінші “Try MATLAB” бұл бір айға уақытша бағдарламаның барлық мүмкіндіктерін қолдануға береді. “Get Campus Software” MathWorks компаниясы корпаративтік аккаунт арқылы ол үшін сіздің оқу орныңыз немесе жұмыс орныңыз MathWorks компаниясымен келсім шартқа отыруы тиіс. “Buy Now” немесе қазақша айтқанда қазір сатып ал деген мағына береді. Сатып алу 29 USD басталып толық бағдарламалық пакет 2350 USD аяқталады.

Дипломдық жұмыс үшін “Try MATLAB” таңдаймыз осы жол арқылы барлық пакеттерді бір ай тегін қолдана аламыз.

Бір ай қолдану кезінде бағдарламаны онлайн және оффлайн қолдануға болады. Бағдарламаны толық мүмкіндіктерін ашу үшін оффлайн орнатамыз ол үшін “Install MATLAB” пәрменін басамыз. Жаңа ашылған паркшада “Download for Windows” таңдап, жүктеп алғаннан кейін компьютерге орнатуға өтеміз.

Компьютерге орнату үшін сайтқа тіркелген аккаунтымызды қолданамыз. Келесі беттерде барлық сұрақтармен келісеміз.

Келесі бетте дипломдық жобанда өзімізге керекті пакеттерді таңдаймыз практикалық жұмыс барысында бізге көптеген паккеттер керек, жұмыс оңай

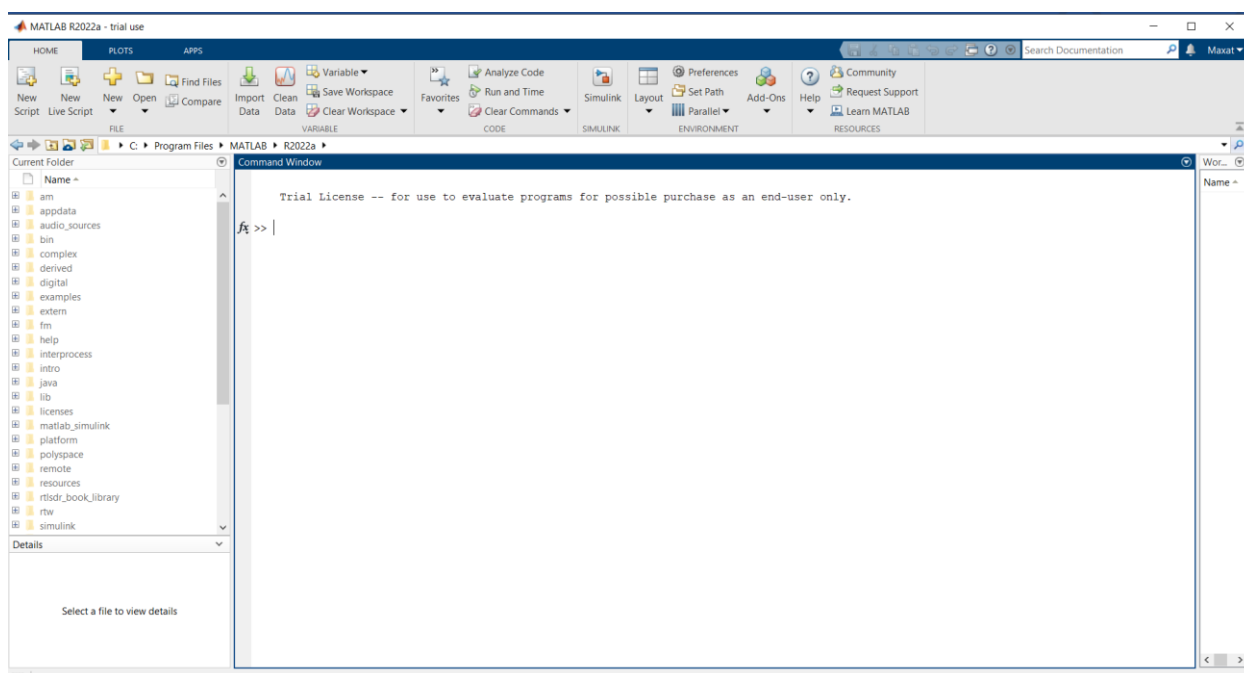


болу үшін “Select All” таңдаймыз осы арқылы біз барлық пакетті орнатамыз. Келесі беттерде барлығымен келісіп бағдарламаның жазылуын күтеміз.

MATLAB 2022a бағдарламасын жазғаннан кейін біз оны ашып практикалық жұмысқа дайындамастан бұрын біз жұмысқа керекті қосымшаларды жүктеп аламыз ол үшін <https://www.mathworks.com/campaigns/offers/download-rtl-sdr-ebook.html> осы сілтеме кіреміз.

Жүктеп болғаннан кейін файлды архивтен оны MATLAB орнатылған папкаға шығарамыз.

Керекті қосымшаны жазғаннан кейін жұмысты орындауға кірісеміз ол үшін MATLAB бағдарламасын іске қосамыз. MATLAB жүктелген кезде сіз төменде 3.1 суретте көрсетілгенге орта орналасуын көресіз.



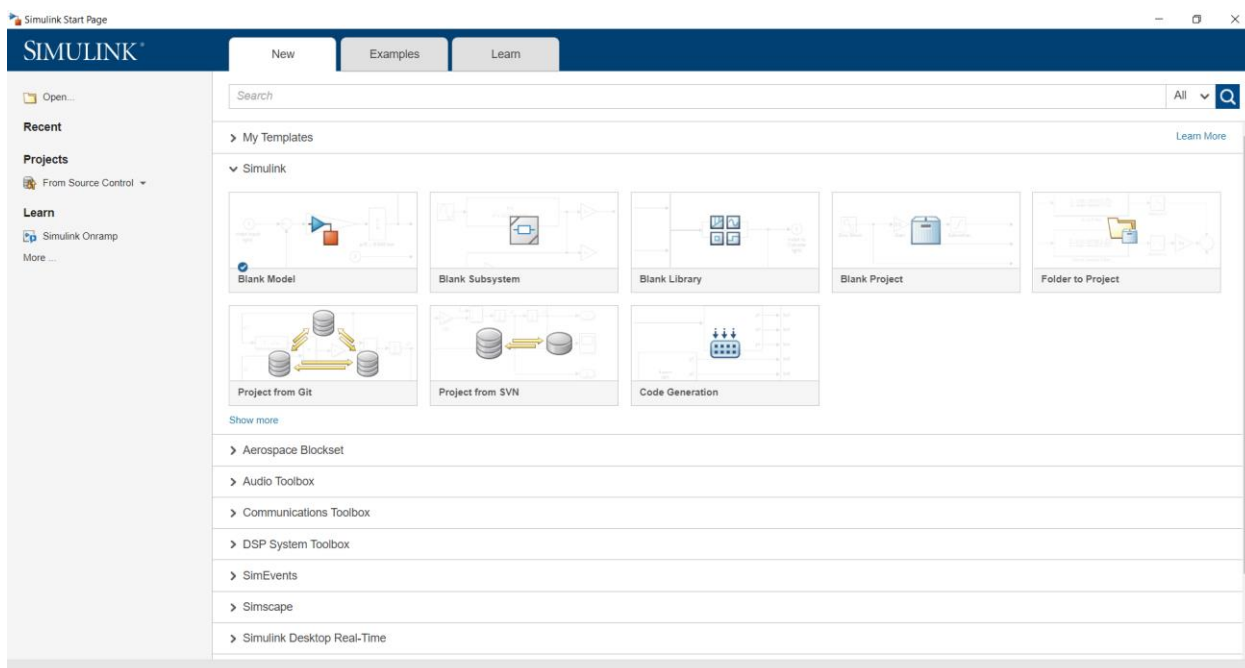
3.1 Сурет – MATLAB бағдарламасының басты панелі

Simulink-бұл MATLAB-пен біріктірілген және оны толықтыратын блоктарға негізделген графикалық құрал. Кейбір дизайн түрлері бар, олар кодқа қарағанда блок негізіндегі сипаттамаға көбірек сәйкес келеді және дизайнерлердің екеуіне де қатысты жеке қалауы болуы мүмкін.

Simulink және MATLAB біріктірілгендіктен, блоктық және кодтық дизайнды жақсы үйлестірудің бірнеше механизмдері бар екенін білу керек. Мысалы, MATLAB кодын Simulink жүйесіндегі блоктың ішіне "орналастыруға" болады немесе MATLAB коды модельді параметрлеу үшін қажетті айнымалыларды анықтау арқылы модель жүктелген кезде автоматты түрде орындалуы мүмкін. MATLAB және Simulink мүмкіндіктерін қолдану үшін көптеген мүмкіндіктер бар. [2]Олардың бірі *Software Defined Radio Using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR* жұмысы. Бұл жұмыста біз MATLAB

бағдарламасын код қолданамыз ал Simulink бағдарламасында сұлба проект жасаймыз.

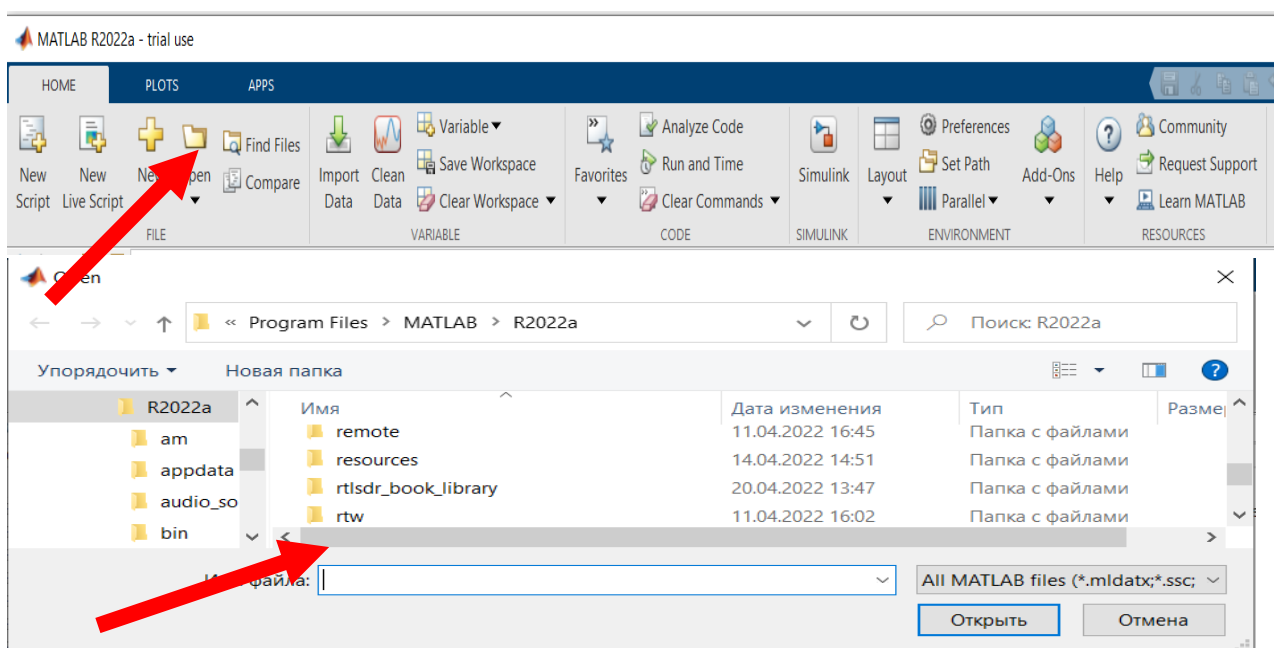
3.2 суретте Simulink бағдарламасының бастапқы панелін көре аласыз.



3.2 Сурет – Simulink бағдарламасының бастапқы панелі

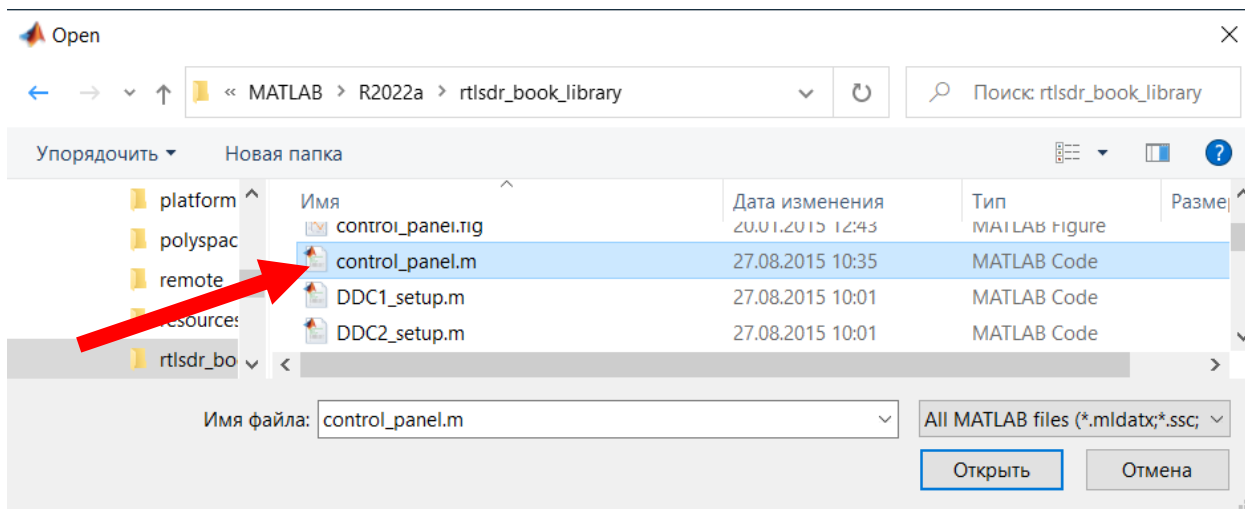
MATLAB бағдарламасында қолданатын код қосымша пакеттермен беріледі оны біз былай тауып ашамыз.

3.3 суретте біз біздің экспериментке керекті кітапхананы ашамыз



3.3 Сурет – RTL – SDR кітапханасы

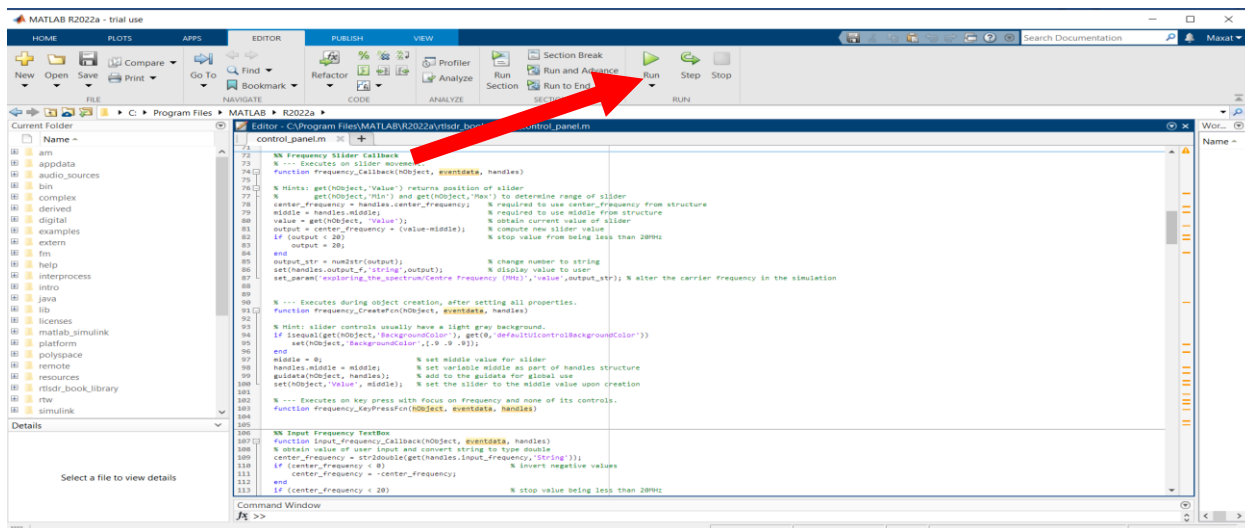
"Control\_Panel" деп аталатын MATLAB графикалық интерфейсі exploring\_the\_spectrum-да қолданылады. RF спектрін шарлау кезінде RTL-SDR параметрін жеңілдету үшін . Сурет 3.4 көрсетілген бұл графикалық интерфейс тюнердің орталық жиілігін және күшейту параметрлерін оңай өзгертуге, сондай-ақ модельдің орындалуын басқаруға мүмкіндік береді ("Start Simulation" және "Stop Simulation" батырмаларын қолдана отырып).



3.4 Сурет – Control panel интерфейсін ашу жолы

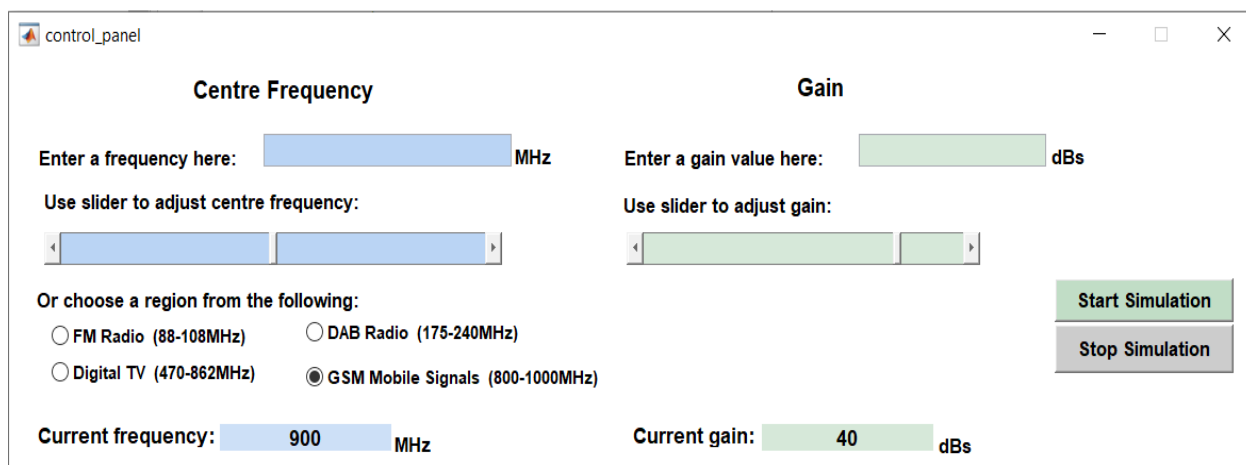
Бұл RTL-SDR құрылғысын басқаруға арналған арнайы код. Осы код арқылы біз басқару панелін интерфейс түрінде көре аламыз. Run батырмасын басу арқылы іске қосамыз.

Control panel интерфейсіннің коды 3.5 суретте көрсетілген.



3.5 Сурет – Control panel интерфейс коды

Бұл код көмегімен біз қолдағуға ыңғайлы интерфейс аламыз оны келесі 3.6 суретте көре аламыз.

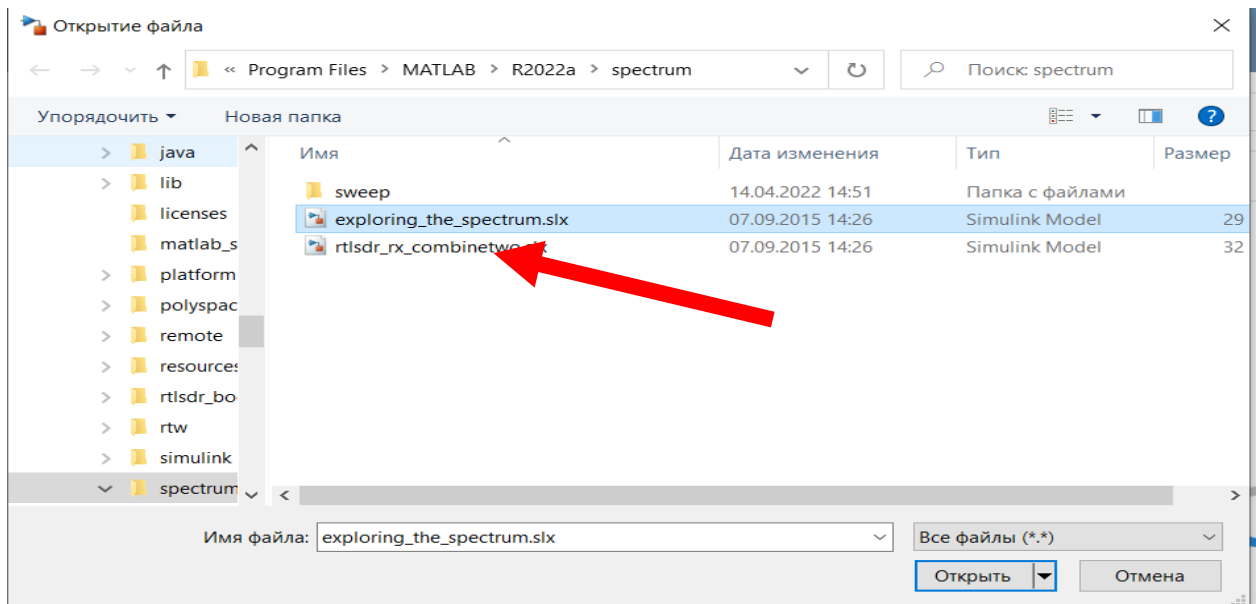


3.6 Сурет – Басқару панелі

Басқару панелінде 3.6 сурет біз орта жиілікті таңдай аламыз (Centre Frequency) Электротехника мен телекоммуникацияда сүзгінің немесе арнаның орталық жиілігі жоғарғы және төменгі жиіліктер арасындағы жиіліктің өлшемі болып табылады. Біздің жұмыста бұл бізге керекті мобильді сигнал жиілігі. Келесі параметр ол (Gain) немесе сигналды күшейту, Gain бұл сигнал параметрін күшейту арқылы сигналдың қуатын арттырады. Сигнал жиіліктерін таңдау үшін келесі пәрмендерді таңдаймыз олар FM radio (88 – 108 MHz), DAB (175 – 240 MHz), Digital TV (470 – 862 MHz) және GSM Mobile Signals (800 – 1000 MHz), бұл жерде бізге керекті GSM Mobile Signals. GSM Mobile Signals туралы толық ақпаратты екінші тараудан оқысаңыз болады.

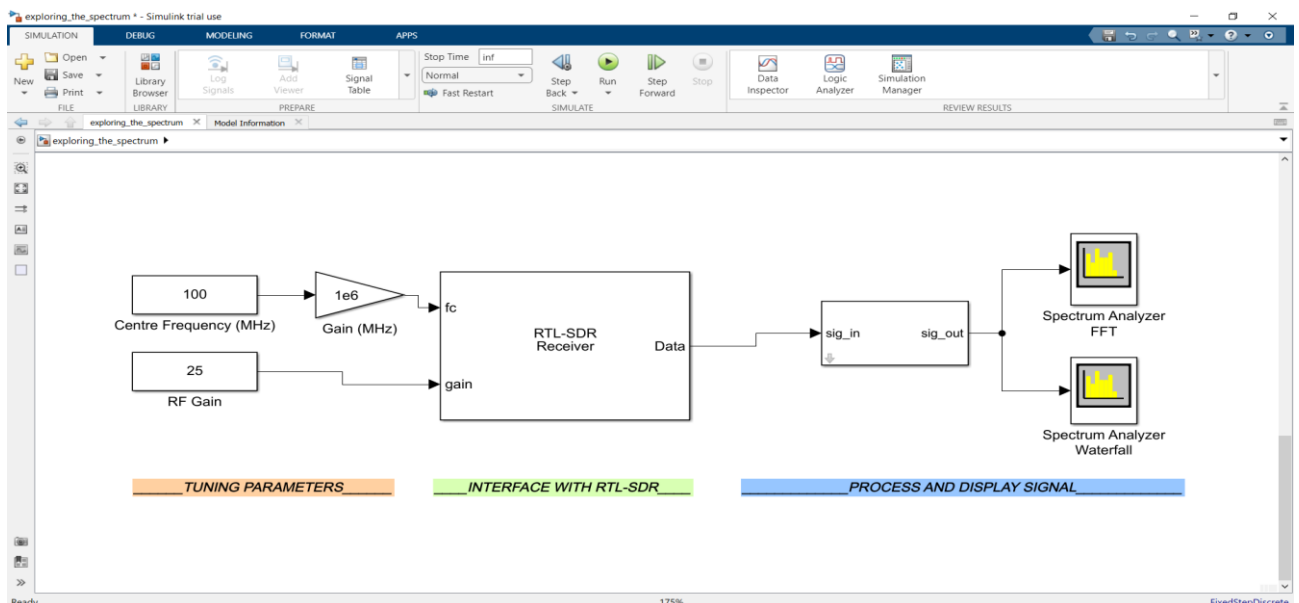
Дипломдық жұмыс үшін спектрлік анализаторлар бар модель жасалыну керек оны біз Matlab бағдарламасы ұсынылған мысалдардан көре аламыз оны табу үшін.

Келесі 3.7 суретте Simulink моделінің мысалы көрсетілген.



### 3.7 Сурет – Simulink моделінің мысалы

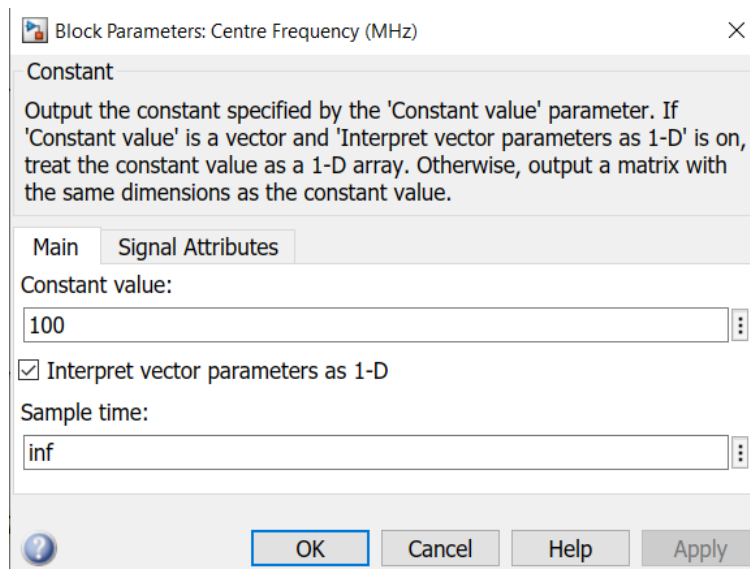
Келесі 3.8 суретте біз жұмыс жасайтын MATLAB&Simulink моделі көрсетілген. Осы модель және RTL – SDR қабылдағышы көмегімен біз мобильді сигнал жиілігін аламыз.



### 3.8 Сурет – Радиожиілік спектрінен сигналдарды қабылдайтын және көрсететін Simulink моделі

Centre Frequency - Егер сіз жолақ сүзгісін жасасаңыз, онда бұл сіз жіберіп алғыңыз келетін жиілік диапазонының орталығы. [3]

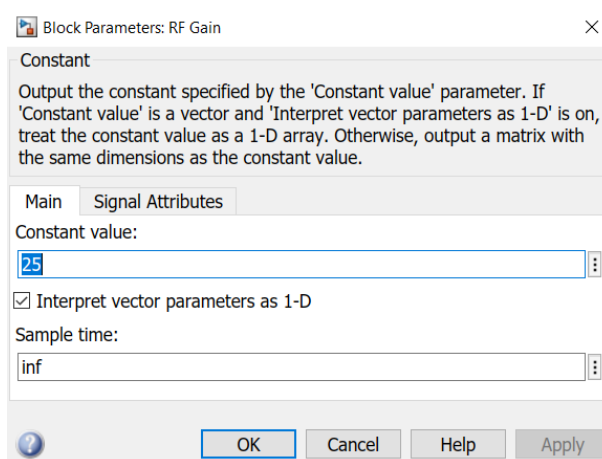
3.9 суретте Centre Frequency параметрлерін көре аламыз.



3.9 Сурет – Centre Frequency параметрлері

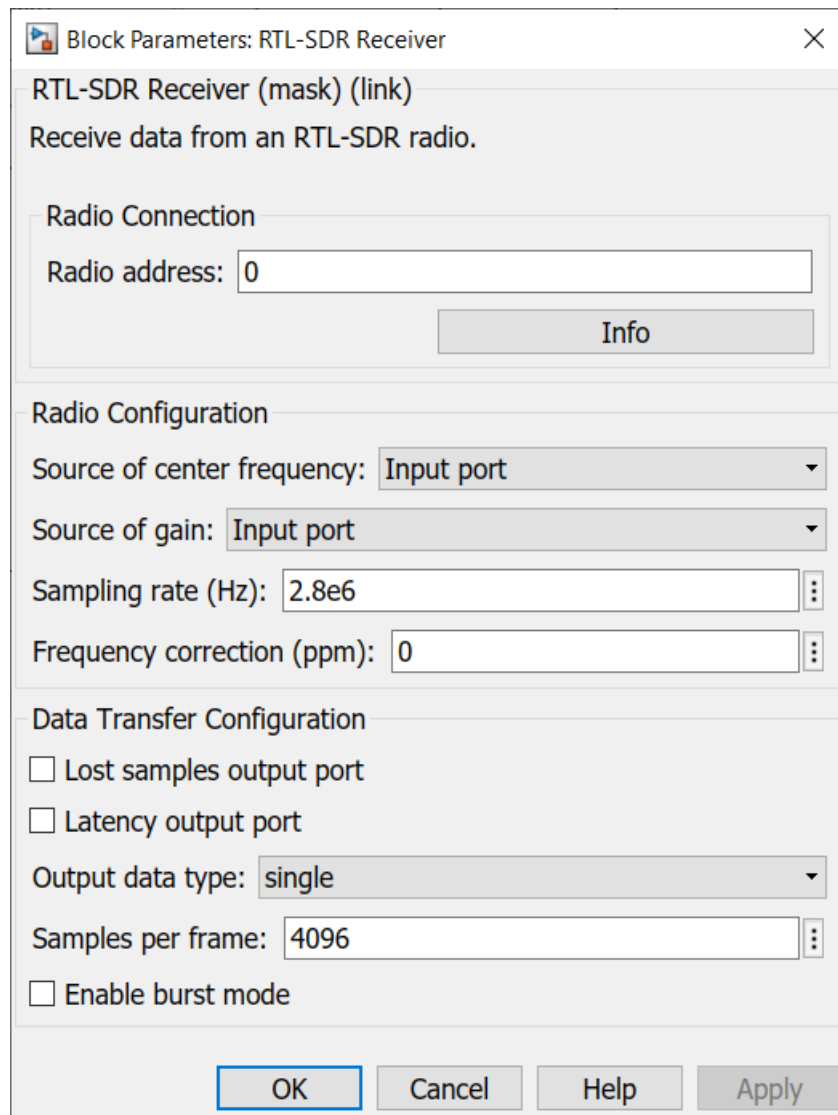
RF Gain – қабылданатын сигналды күшейтуді қолмен реттеу. Қажет болса, қабылданған сигналды күшейтуге мүмкіндік береді.

3.10 суретте RF Gain параметрлерін көре аламыз.



3.10 Сурет – RF gain параметрін өзгерту блогы

RTL – SDR receiver блогы қосылған құрылғын тексеретін болк. Оны келесі 3.11 суретінде көре аламыз.



3.11 Сурет – RTL – SDR receiver блогы

### 3.2 Мобильді сигнал жиіліктерін алу

Жұмыс барысында біз сигналды көру үшін мобильді телефон арқылы қолданып отырған жиілікті анықтаймыз. Жиілікті мобильді телефондағы Cell Mapper қосымшасы арқылы анықтаймыз келесі суреттерде дипломдық жұмыс барысында көретін жиіліктер көрсетілген.

3.12 суретте Cell mapper бағдарламасының жұмыс интерфейсі көрсетілген.

```

Cell 5078 - EDGE -61 dBm
MCC: 401 MNC: 77 LAC: 32723
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 926.2 MHz
Band Number 900
TX Frequency 881.2 MHz
(EA/UA/A)RFCN 980

UNKNOWN - GSM -59 dBm
MCC: ? MNC: ? LAC: ?
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 927.2 MHz
Band Number 900
TX Frequency 882.2 MHz
(EA/UA/A)RFCN 985

UNKNOWN - GSM -75 dBm
MCC: ? MNC: ? LAC: ?
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 926.8 MHz
Band Number 900
TX Frequency 881.8 MHz
(EA/UA/A)RFCN 983

Cell 5076 - GSM -77 dBm
MCC: 401 MNC: 77 LAC: 32723
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 928.4 MHz
Band Number 900
TX Frequency 883.4 MHz
(EA/UA/A)RFCN 991

Cell 1596 - GSM -77 dBm
MCC: 401 MNC: 77 LAC: 32723
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 925.6 MHz
Band Number 900
TX Frequency 880.6 MHz
(EA/UA/A)RFCN 977

Cell 5077 - GSM -87 dBm
MCC: 401 MNC: 77 LAC: 32723
Band Name E-GSM 900
RX Frequency 927.8 MHz
Band Number 900
TX Frequency 882.8 MHz
(EA/UA/A)RFCN 988

```

### 3.12 Сурет – Мобильді байланыс жиіліктері

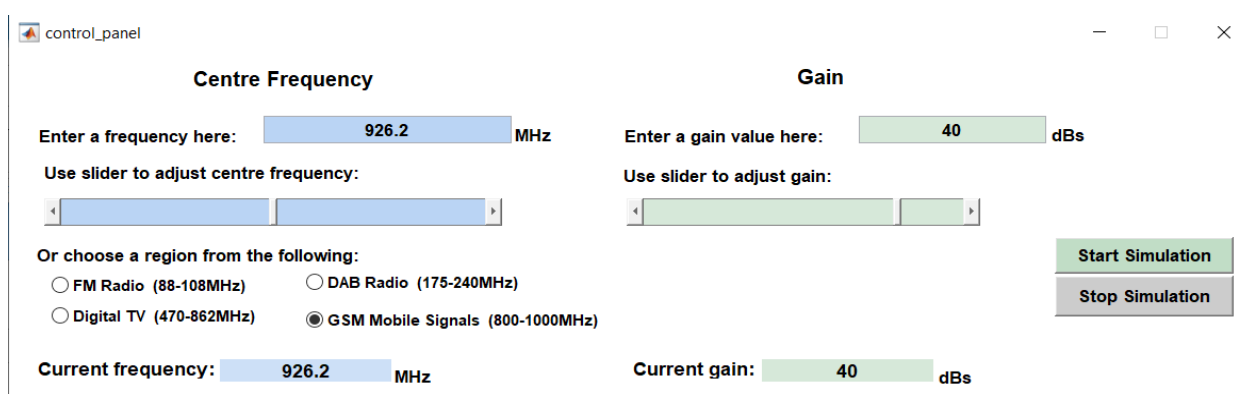


MCC (Mobile Country Code) — ұялы байланыс операторы орналасқан елді анықтайтын код. Бұл жерде 401 Қазақстан Республикасының коды.

MNC (Mobile Network Code) — ұялы байланыс операторына берілетін код. Белгілі бір елдегі әрбір оператор үшін ерекше. Бұл жерде 77 Tele2 операторының коды.

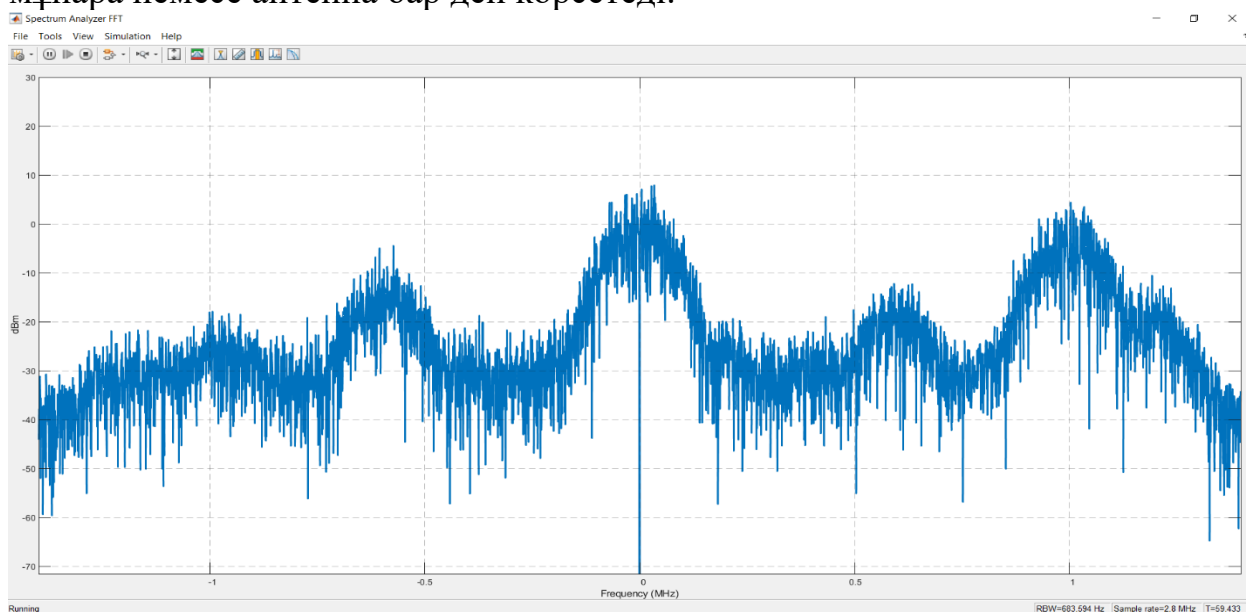
LAC (Location Area Code) — жергілікті аймақ коды. Қысқаша айтқанда, LAC-бұл бір базалық станция контроллері (BSC) қызмет көрсететін базалық станциялардың белгілі бір санын біріктіру. Бұл параметр ондық және он алтылық түрінде ұсынылуы мүмкін.

Осы бағдарламаны қолдана отырып біз әр жиілікті тексеріп шығамыз. Біздің бірінші жиілігіміз ол 926,2 МГц жиілігі. Бұл жиілік E-GSM жолағында жұмыс жасайды.



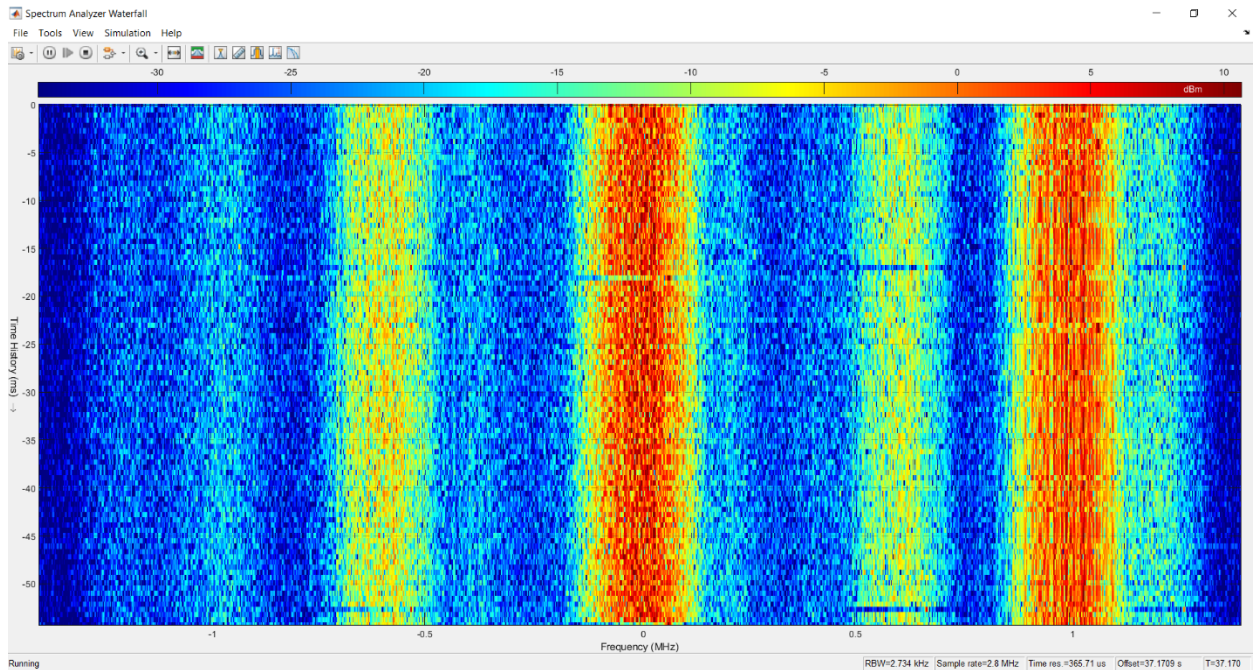
3.13 Сурет – 926.2 МГц жиілігі үшін басқару панелі

Бұл жерде біз басқару панелі арқылы сигнал бар деген жиілікті таңдаймыз. CellMapper бағдарламасында 926.2 МГц жиілігінде жұмыс жасайтын мұнара немесе антенна бар деп көрсетеді.



3.14 Сурет – 926.2 МГц жиілігі үшін спектрлік анализ

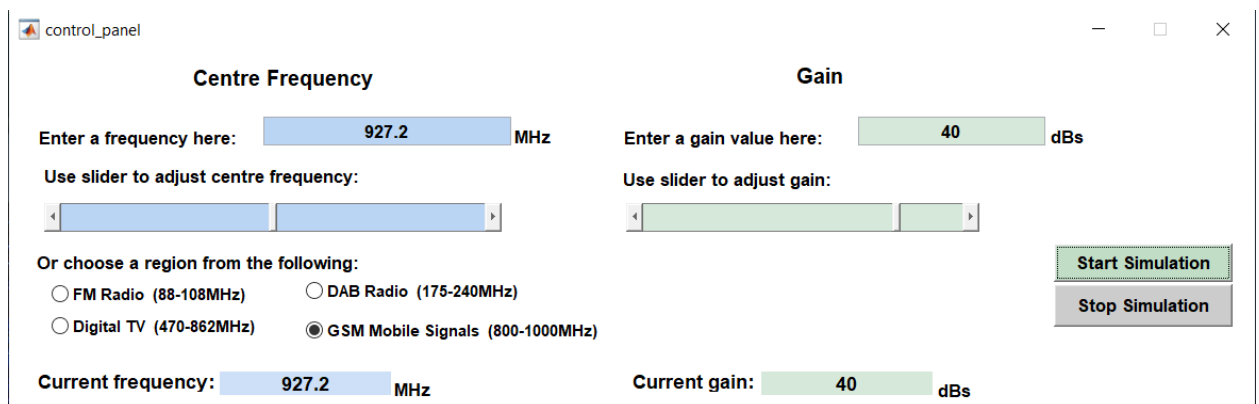
Сигналдың жиілігін спектрлік сұлба ретінде көрсету үшін Жылдам Фурье түрлендіруі бар спектр анализаторын қолдандық. Осы жиілікте хабар таратылып жатқанын көрсету үшін 3.15 сурет қолданамыз.



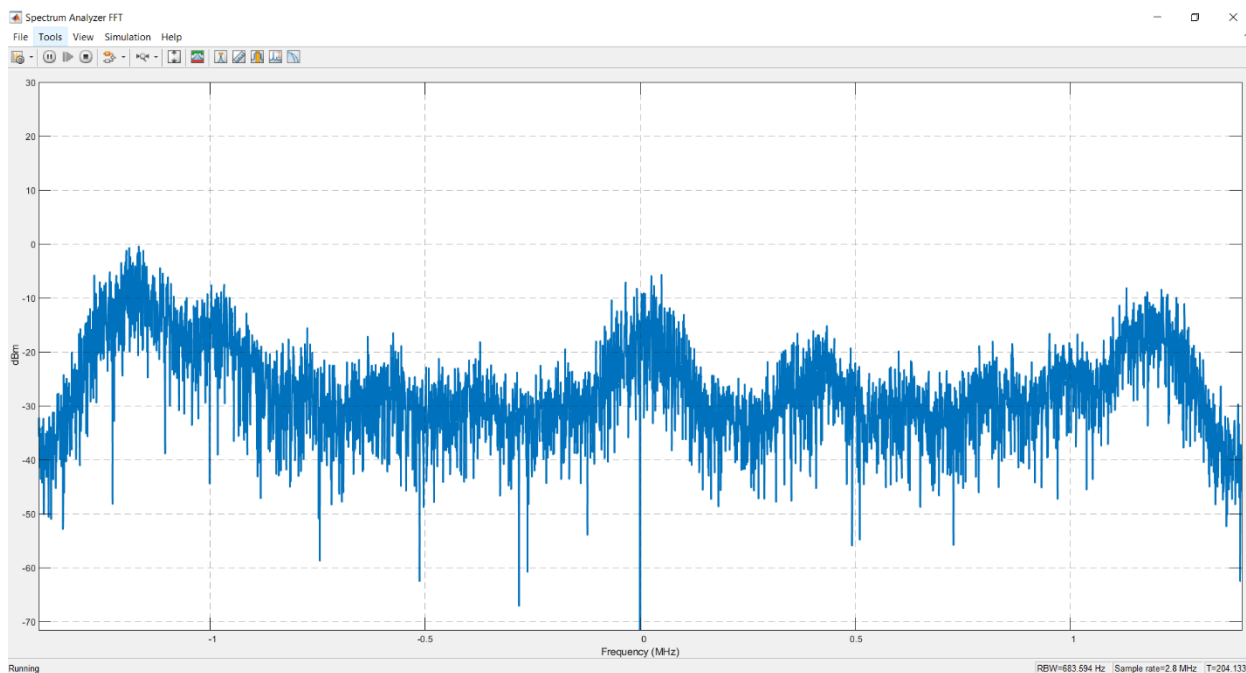
3.15 Сурет - 926.2 МГц жиілігі үшін сарқырамалық спектрлік анализ

Сарқырамалық спектрлік анализ белгілі бір уақыт аралығындағы жиіліктік белсенділікті жазып отырады. Жиіліктік белсенділік қызыл түске ұмтылады, қызыл түске жақындаған сайын осы жиілікте тарап жатқан ақпараттың барын көрсетеді.

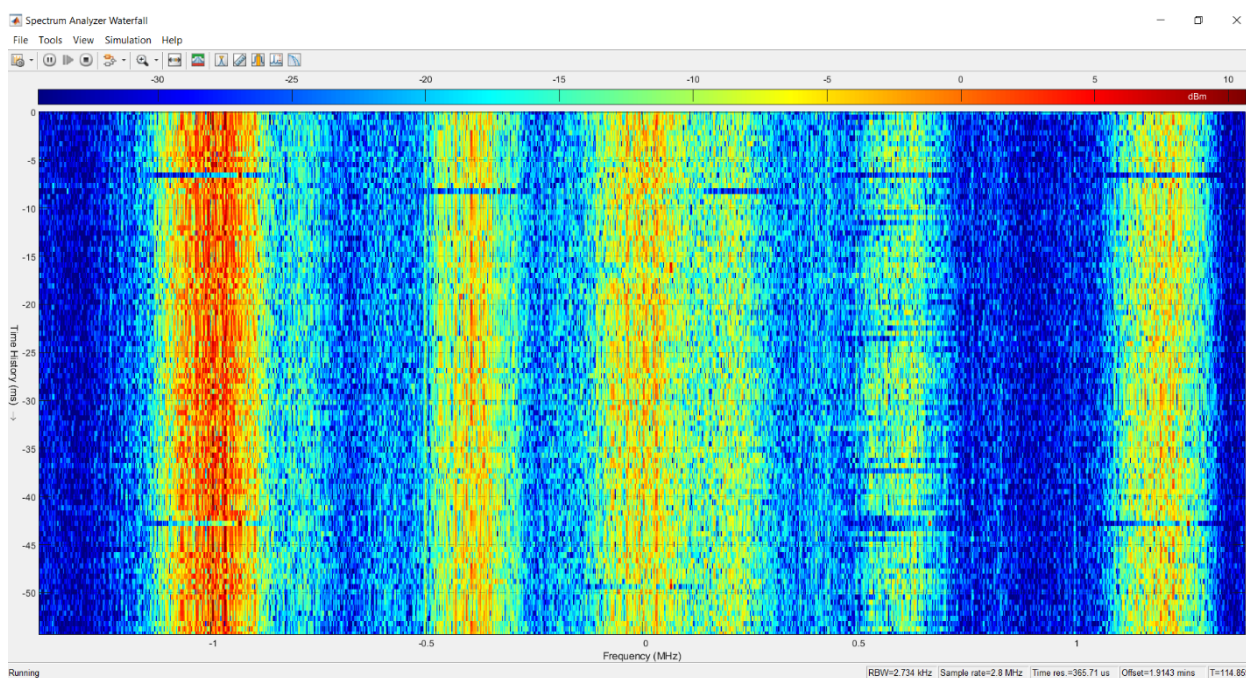
Біз тек бір жиілікте шектелегн жоқпыз келесі көрсетілетін жиіліктер бізде 927.2 МГц және 928.4 МГц.



3.16 Сурет – 927.2 МГц жиілігі үшін басқару панелі

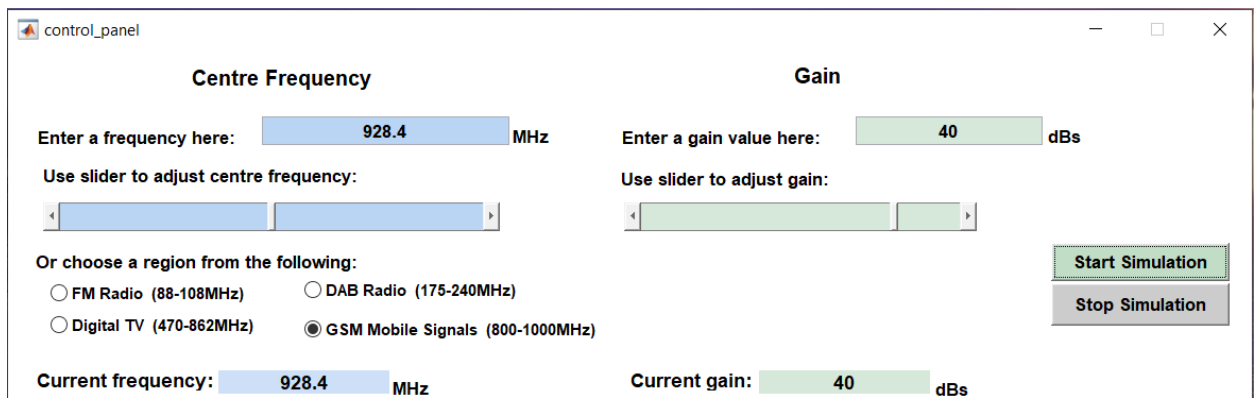


3.17 Сурет – 927.2 МГц жиілігі үшін спектрлік анализ

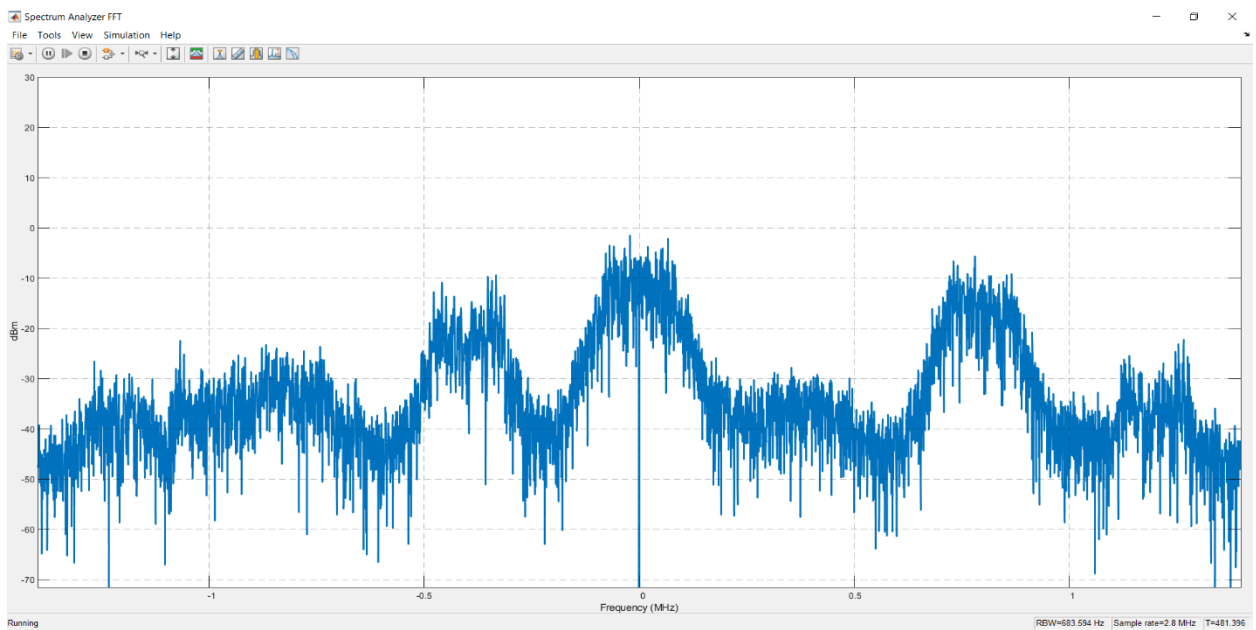


3.18 Сурет – 927.2 МГц жиілігі үшін сарқырамалық спектрлік анализ

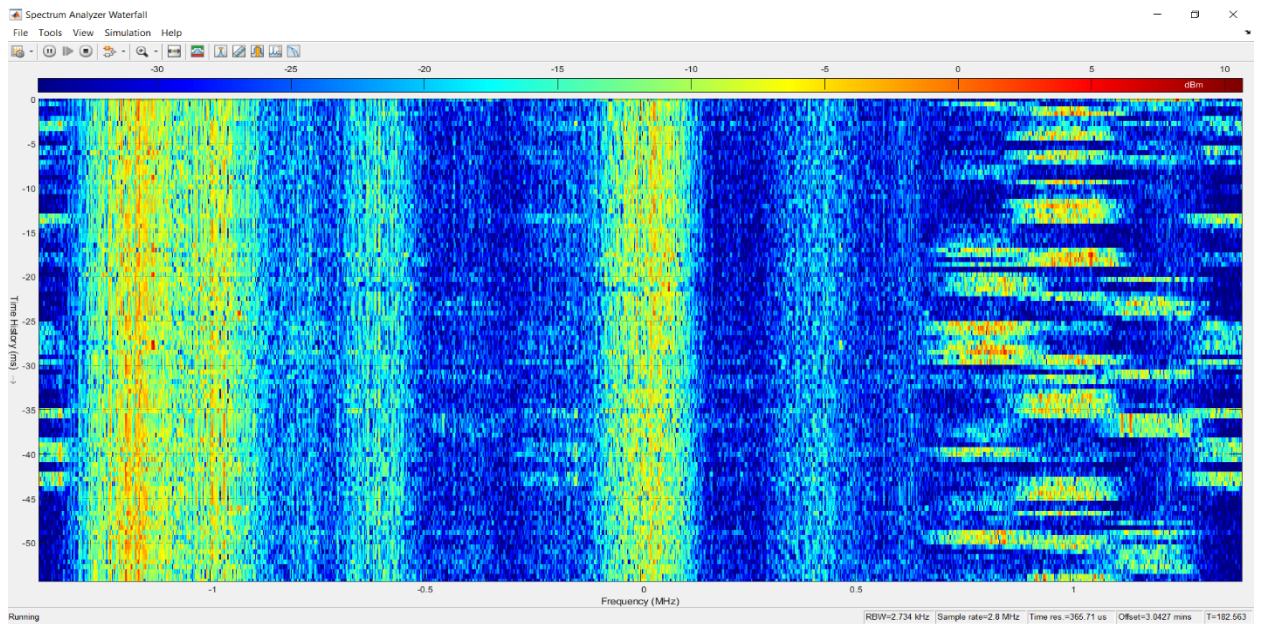
Кезекті 927.2 МГц жиілікте сигнал бар деп CellMapper бағдарламасынан көре аламыз. Оны біз осы суреттер арқылы дәлелдей аламыз. Бұл жерде тек 927.2 МГц жиілікті емес 926.8 және 927.8 жиілігіндегі белсенділікті көре аламыз.



3.19 Сурет – 928.4 МГц жиілігі үшін басқару панелі



3.20 Сурет – 928.4 МГц жиілігі үшін спектрлік анализ



3.21 Сурет – 928.4 МГц жиілігі үшін сарқырамалық спектрлік анализ

MATLAB бағдарламасын және Simulink қосымшасын қолдана отырып, RTL – SDR қабылдағышы арқылы алынған сигналдардан күнделікті қолданатын жиіліктерде хабар тарататынын және оны тауып көрсете алдық.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада ұялы телефон желісінің қолданыстағы жиілігін MATLAB&Simulink және RTL – SDR құрылғысы арқылы зерттеу жүргізілді. Осы құрылғылыр бізге қолданыстағы ұялы байланыс жиіліктерін алуға мүмкіндік береді.

RTL- SDR қабылдағышының қалай жұмыс жасайтынынын және қандай бағдарламалармен жұмыс жасайтынын туралы ақпараттар ұсынылды.

Жиіліктерді алу үшін дипломдық жұмыс барысында қазіргі таңдағы Қазақстан республикасындағы қолданыстағы ұялы байланыс жиіліктерін алынды. Ол үшін жұмыс барысында қолданыстағы ұялы операторларының байланыс жиіліктерін қолдандық.

Дипломдық жұмыс барысында nooelec mini 2+ SDR құрылғысын қолданып зерттеуге қажетті сигнал жиіліктерін алдық. Алынған жиіліктерді тексеру үшін жұмыс барысында анализ жасайтын құрылғыларды Simulink қосымшасын қолдана отырып алынды. Осы жиіліктерді алып спектрлік анализ және сарқырамалық анализ жасап жиілік арнасының қолданыста екенін дәлелденді. Бірнеше ұялы байланыс жиіліктерінің уақыт және спектр анализдері алынды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Travis F. Collins, Di Pu, Robin Getz, Alexander M. Wyglinski. Software-Defined Radio for Engineers , 2018. - 375 с.
2. Stewart, Robert W. and Barlee, Kenneth W. and Atkinson, Dale S. W. and Crockett, Louise H. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR.: Strathclyde Academic Media, Glasgow , 2015. - 674 с.
3. C. Laufer. The Hobbyist’s guide to RTL-SDR. 2015. – 577 с.
4. Paul Clark and David Clark. Field Expedient SDR: Introduction to Software Defined Radio. Volume 1, 2015. - 173 с.
5. T J. Roupheal. RF and Digital Signal Processing for Software-Defined Radio. A Multi-Standard Multi-Mode Approach. Elsevier, 2009. - 400 с
6. I. A. Glover & P. M. Grant, Digital Communications, Third Edition, Prentice Hall, 2009. - 1024 с.
7. ETSI (European Telecommunications Standards Institute), “Long Term Evolution”.  
// Электрондық нұсқа // <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/long-term-evolution>
8. Цифровая обработка сигналов. Специальный выпуск/Под ред. Ланнэ А.А. // Изв. вузов Радиоэлектроника. 1987. Т. 30 № 12. - 79 с
9. Афонский А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики // А.А. Афонский – М.: Солон-пресс, 2009
10. Пронин К. Проектирование, оптимизация и моделирование SDR. // Электронные компоненты.-2012.-№2.-С.49-53.
11. S. Markgraf “R820T Tuner Support in librtlsdr”, Osmocom, September 2012. // Электрондық нұсқа // <https://groups.google.com/forum/#%21msg/ultra-cheap-sdr/4oVYR34jqgg/Ybz2AVA0evoJ>
12. EECS Division, “EE123 Digital Signal Processing Notes: The RTL-SDR”, University of California, Fall 2012 // Электрондық нұсқа // [https://inst.eecs.berkeley.edu/~ee123/fa12/rtl\\_sdr.html](https://inst.eecs.berkeley.edu/~ee123/fa12/rtl_sdr.html)
13. История развития и современное состояние сотовой связи в РК // Электрондық нұсқа // <https://helpiks.org/1-55914.html>



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Тузелбаев Максат Джайбергенович

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу»

Берілген бітіру жұмысында RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу келтірілген.

Дипломдық жұмыста MATLAB&Simulink бағдарламаларында ұялы байланыс сигналын қабылдайтын модель құрылды. Модель және RTL-SDR қабылдағышы арқылы ұялы байланыс сигналы алынды. Алынған сигналдардың уақыттық және спектрлік сипаттамалары алынды. Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

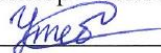
Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, ұялы байланыс жиіліктерін көрсету өте орынды.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Тузелбаев Максат Джайбергенович 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша «техника және технологиялар бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және FT каф.

Сениор - лекторы. т.ғ.м

 Д.Ж. Утебаева

«25» 05 2022 ж.



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Тузелбаев Максат Джайбергенович

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»

Берілген бітіру жұмысында RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу келтірілген.

Дипломдық жұмыста MATLAB&Simulink бағдарламаларында ұялы байланыс сигналын қабылдайтын модель құрылды. Модель және RTL- SDR қабылдағышы арқылы ұялы байланыс сигналы алынды. Алынған сигналдардың уақыттық және спектрлік сипаттамалары алынды. Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.


Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, ұялы байланыс жиіліктерін көрсету өте орынды.

Жалпы, студент Тузелбаев Максат Джайбергенович 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне алдынала қорғауға ұсынылады.

**Ғылыми жетекші**

ЭТ және FT каф.

Сениор - лекторы. т.ғ.м

 Д.Ж. Утебаева

«26» 05 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ және ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. СӨТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Тузелбаев Максат Джайбергенович

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім            21 парақ;  
б) түсініктеме                    30 бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Қазіргі таңда есептеуші технологиялар сымсыз байланыс жүйесімен жұмыс істейді сондықтан, барлық құрылғылардың талаптарына жауап бере алатын жүйе керек Бұл жүйе ретінде SDR технологиясын қолдануға болады.

Дипломдық жұмыста RTL-SDR көмегімен қолданыстағы ұялы байланыс жиіліктерін алу жұмысы әзірленді.

Бірінші бөлімде RTL-SDR құрылғысының жалпы базалық және бағдарламалық негіздері келтірілген.

Екінші бөлімде ұялы байланыс желілерінің жиіліктеге бөлінуі көрсетілген.

Үшінші бөлімде қолданыстағы ұялы байланыс желісінің жиіліктерін алу жүйесі мен моделі құрылды. Модель арқылы аудио сигналдардың уақыттық және спектрлік сипаттамалары алынды.

Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Дипломдық жобада стилистикалық және грамматикалық қателер кездеседі;

Жоғарыда келтірілген ескерту жұмыстың маңыздылығын төмендетпейді. Дипломдық жұмыс оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ


Ф ҚазҰТЗУ 704-24. Рецензия

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Тузелбаев Максат Джайбергенович 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша «техника және технологиялар бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

**Сын - пікір беруші**

ХАТУ...т.ғ.к. қауым. профессор

 Илипбаева Ләззат Болатовна

(қолы)

«    »                      2022 ж.

Подпись указанного лица удостоверяю



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Тузелбаев Максат Джайбергенович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу

**Научный руководитель:** Дана Утебаева

**Коэффициент Подобия 1:** 7.5

**Коэффициент Подобия 2:** 1.7

**Микропробелы:** 48

**Знаки из других алфавитов:** 3

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

23.05.2023  
Дата

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Тузелбаев Максат Джайбергенович**

**Тақырыбы: RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу**

**Жетекшісі: Дана Утебаева**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.5**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.7**

**Дәйексөз (35): 1.7**

**Әріптерді ауыстыру: 3**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 48**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілісін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

23.05.2022  
Күні

Кафедра меңгерушісі





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Тузелбаев Максат Джайбергенович

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** RTL-SDR көмегімен ұялы байланыс сигналдарының қолданыстағы жиіліктерін тану жүйесін модельдеу

**Научный руководитель:** Дана Утебасва

**Коэффициент Подобия 1:** 7.5

**Коэффициент Подобия 2:** 1.7

**Микропробелы:** 48

**Знаки из других алфавитов:** 3

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

23.05.2022  
Дата

проверяющий эксперт