

ДОДАТОК А
КОД ПРОГРАМИ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

```

% 32x1000 matrix of signal
s=1
e=32
for i=1000
Afsk(1:32,i)=audioread('afsk.wav',[s,e])
s=s+32,e=e+32
end
Afskfft=fft(Afsk)

[afsk,Fsafs]=audioread('afsk.wav', [1,32000])

%modified noise power
WN11=WN*4.5
wn11=wn*4.5
[nSamples,nChannels]=size(wn11);
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn11)-1] / FsWn;
L=length(wn11);
Pwn11=(norm(wn11)^2)/L;
S11=10*log10(PAfsk/Pwn11)

WN12=WN*5.8
wn12=wn*5.8
[nSamples,nChannels]=size(wn12);
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn12)-1] / FsWn;
L=length(wn12);
Pwn12=(norm(wn12)^2)/L; % Power time domain
S12=10*log10(PAfsk/Pwn12)

WN13=WN*3.2
wn13=wn*3.2
[nSamples,nChannels]=size(wn13); %Länge der Audiodatei ermitteln
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn13)-1] / FsWn;
L=length(wn13);
Pwn13=(norm(wn13)^2)/L; % Power time domain
S13=10*log10(PAfsk/Pwn13)

WN15=WN*2.5

```

```

wn15=wn*2.5
[nSamples,nChannels]=size(wn15); %Länge der Audiodatei ermitteln
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn15)-1] / FsWn;
L=length(wn15);
Pwn15=(norm(wn15)^2)/L; % Power time domain
S15=10*log10(PAfsk/Pwn15)

```

```

WN16=WN*7.3
wn16=wn*7.3
[nSamples,nChannels]=size(wn16); %Länge der Audiodatei ermitteln
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn16)-1] / FsWn;
L=length(wn16);
Pwn16=(norm(wn16)^2)/L; % Power time domain
S16=10*log10(PAfsk/Pwn16)

```

```
%Signal + noise mix in time domain
```

```

AfskWN11=Afsk+WN11
AfskWN12=Afsk+WN12
AfskWN13=Afsk+WN13
AfskWN14=Afsk+WN14
AfskWN15=Afsk+WN15
AfskWN16=Afsk+WN16

```

```
%Fft of mixed signal
```

```

AfskWN11fft=fft(AfskWN11)
AfskWN12fft=fft(AfskWN12)
AfskWN13fft=fft(AfskWN13)
AfskWN14fft=fft(AfskWN14)
AfskWN15fft=fft(AfskWN15)
AfskWN16fft=fft(AfskWN16)
AfskWN11fft=abs(AfskWN11fft)
AfskWN12fft=abs(AfskWN12fft)
AfskWN13fft=abs(AfskWN13fft)
AfskWN14fft=abs(AfskWN14fft)
AfskWN15fft=abs(AfskWN15fft);
AfskWN16fft=abs(AfskWN16fft)

```

```
%deleting the "mirrored" part of spectrum
for i=1:1000
```

```

AfskWN11fft16=(AfskWN11fft(1:16,1:i))
AfskWN12fft16=(AfskWN12fft(1:16,1:i))
AfskWN13fft16=(AfskWN13fft(1:16,1:i))

```

```

AfskWN14fft16=(AfskWN14fft(1:16,1:i))
AfskWN15fft16=(AfskWN15fft(1:16,1:i))
AfskWN16fft16=(AfskWN16fft(1:16,1:i))
end

```

```

for i=1:1000
Afskfft16=(Afskfft(1:16,1:i))
end

```

```

%Fft noise
WN11fft=fft(WN11)
WN12fft=fft(WN12)
WN13fft=fft(WN13)
WN14fft=fft(WN14)
WN15fft=fft(WN15)
WN16fft=fft(WN16)
WN11fft=abs(WN11fft)
WN12fft=abs(WN12fft)
WN13fft=abs(WN13fft)
WN14fft=abs(WN14fft)
WN15fft=abs(WN15fft)
WN16fft=abs(WN16fft)

```

```

for i=1:1000
WN11fft16=(WN11fft(1:16,1:i))
WN12fft16=(WN12fft(1:16,1:i))
WN13fft16=(WN13fft(1:16,1:i))
WN14fft16=(WN14fft(1:16,1:i))
WN15fft16=(WN15fft(1:16,1:i))
WN16fft16=(WN16fft(1:16,1:i))
end

```

```

%Means of noises
MeanWN11fft=(sum(WN11fft16,2)/1000)
MeanWN12fft=(sum(WN12fft16,2)/1000)
MeanWN13fft=(sum(WN13fft16,2)/1000)
MeanWN14fft=(sum(WN14fft16,2)/1000)
MeanWN15fft=(sum(WN15fft16,2)/1000)
MeanWN16fft=(sum(WN16fft16,2)/1000)

```

```

%Noise in the channel
WN17=WN*8
wn17=wn*8
[nSamples,nChannels]=size(wn17);
waveFileLength=nSamples/FsWn;
t=[0:length(wn17)-1] / FsWn;

```

```

L=length(wn17);Pwn17=(norm(wn17)^2)/L; % Power time domain
S17=10*log10(PAfsk/Pwn17)
WN17fft=fft(WN17)
WN17fft=abs(WN17fft)
for i=1:1000
WN17fft16=(WN17fft(1:16,1:i))
end
MeanWN17fft=(sum(WN17fft16,2)/1000)

%Wilcoxon signrank test
for j=1:1000
[p2,h2,stats]=signrank((AfskWN11fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN11fft16ToMeanWN17fft(j)=h2
[p3,h3,stats]=signrank((AfskWN12fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN12fft16ToMeanWN17fft(j)=h3
[p4,h4,stats]=signrank((AfskWN13fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN13fft16ToMeanWN17fft(j)=h4
[p5,h5,stats]=signrank((AfskWN14fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN14fft16ToMeanWN17fft(j)=h5;
[p6,h6,stats]=signrank((AfskWN15fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN15fft16ToMeanWN17fft(j)=h6
[p7,h7,stats]=signrank((AfskWN16fft16(1:16,j)), (MeanWN17fft))
HAfskWN16fft16ToMeanWN17fft(j)=h7
end
%Counting of probability of the right detection of Wilcoxon test
HAfskWN16fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN16fft16ToMeanWN17fft,2)
HAfskWN15fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN15fft16ToMeanWN17fft,2)
HAfskWN14fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN14fft16ToMeanWN17fft,2)
HAfskWN13fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN13fft16ToMeanWN17fft,2)
HAfskWN12fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN12fft16ToMeanWN17fft,2)
HAfskWN11fft16ToMeanWN17fftTotal=sum(HAfskWN11fft16ToMeanWN17fft,2)

AfskWN14=Afsk+WN14
AfskWN15=Afsk+WN15
AfskWN16=Afsk+WN16

%Computing energies of noise
for j=1:1000

```

```

EWN11(i,j)=sum(abs(WN11(i,j).^2));
EWN12(i,j)=sum(abs(WN12(i,j).^2));
EWN13(i,j)=sum(abs(WN13(i,j).^2));
EWN14(i,j)=sum(abs(WN14(i,j).^2));
EWN15(i,j)=sum(abs(WN15(i,j).^2));
EWN16(i,j)=sum(abs(WN16(i,j).^2));
end
end
EWN11SumSort=sort(sum(EWN11))
EWN12SumSort=sort(sum(EWN12))
EWN13SumSort=sort(sum(EWN13))
EWN14SumSort=sort(sum(EWN14))
EWN15SumSort=sort(sum(EWN15))
EWN16SumSort=sort(sum(EWN16))

%Determination of the thresholds
WN11Th=EWN11SumSort(1,950)
WN12Th=EWN12SumSort(1,950)
WN13Th=EWN13SumSort(1,950)
WN14Th=EWN14SumSort(1,950)
WN15Th=EWN15SumSort(1,950)
WN16Th=EWN16SumSort(1,950)

AfskWN15=Afsk+WN15
AfskWN16=Afsk+WN16
AfskWN14=Afsk+WN14

%Computing energies of mixed signal
for i=1:32
for j=1:1000
EAfskWN14(i,j)=sum(abs(AfskWN14(i,j).^2));
EAfskWN15(i,j)=sum(abs(AfskWN15(i,j).^2));
EAfskWN16(i,j)=sum(abs(AfskWN16(i,j).^2));
end
end

EAfskWN15SumSort=sort(sum(EAfskWN15))
EAfskWN16SumSort=sort(sum(EAfskWN16))
EAfskWN14SumSort=sort(sum(EAfskWN14))

DetectionSignalOnWN11=0
DetectionSignalOnWN12=0
DetectionSignalOnWN13=0
DetectionSignalOnWN14=0
DetectionSignalOnWN15=0

```

```
DetectionSignalOnWN16=0

%Counting of probability of the right detection of energy test
for k=1:1000
if EAfskWN11SumSort(1,k)>WN11Th
DetectionSignalOnWN11=DetectionSignalOnWN11+1
end
if EAfskWN12SumSort(1,k)>WN12Th
DetectionSignalOnWN12=DetectionSignalOnWN12+1
end
if EAfskWN13SumSort(1,k)>WN13Th
DetectionSignalOnWN13=DetectionSignalOnWN13+1
end
if EAfskWN14SumSort(1,k)>WN14Th
DetectionSignalOnWN14=DetectionSignalOnWN14+1
end
if EAfskWN15SumSort(1,k)>WN15Th
DetectionSignalOnWN15=DetectionSignalOnWN15+1
end
if EAfskWN16SumSort(1,k)>WN16Th
DetectionSignalOnWN16=DetectionSignalOnWN16+1
end
end
```

ДОДАТОК Б
ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 25-ГО МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ»

20 – 22 квітня 2021 р.

Том 4

КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ
ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

Харків 2021

УДК 004:[621.317+621.391](06)

25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. Т.4. – Харків: ХНУРЕ. 2021. – 176 с.

В збірник включені матеріали 25-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті».

Видання підготовлено факультетом інфокомунікацій
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, прос. Науки, 14
тел./факс.: (057) 7021397

E-mail: mref21@nure.ua

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2021

**ДОСЛІДЖЕННЯ НЕПАРАМЕТРИЧНИХ АЛГОРИТМІВ
ВИЯВЛЕННЯ НЕЗАЙНЯТИХ ЧАСТОТНИХ КАНАЛІВ
В МЕРЕЖАХ КОГНІТИВНОГО РАДІО**

Пономарьов А.К.

Науковий керівник – проф. Безрук Валерій Михайлович
Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Інформаційно-мережна інженерія,
тел. (057) 702-13-06)

e-mail: andrii.ponomarov@nure.ua, +380976501381

Currently, there is a rapid development of radio data transmission systems. The ever-growing requirements for the speed and volume of transmitted information induce the developers of such systems to use broadband communication channels. At the same time, there is a growing need for more efficient use of the radio frequency spectrum to provide access to information resources for new users.

В даний час відбувається бурхливий розвиток систем радіопередачі даних. Постійно зростаючі вимоги до швидкості і обсягу інформації, що передається спонукають розробників таких систем використовувати широкосмугові канали зв'язку. У той же час зростає потреба в більш ефективному використанні радіочастотного спектру для забезпечення доступу до інформаційних ресурсів для нових користувачів [1].

На даний момент розподіл спектра ґрунтується на виділенні конкретного діапазону частот для конкретної послуги. Однак, велика частина виділеного діапазону радіочастот використовується час від часу, що призводить до неефективного використання частотного ресурсу [2].

Виявлення сигналу з невідомими параметрами є одним з основних завдань мереж когнітивного радіо для підвищення ефективності використання радіоспектру, який є найціннішим ресурсом. Вирішення даної задачі необхідне при визначенні приналежності виявленого сигналу до класу вторинних чи первинних користувачів або визначенні появи нових сигналів для раніше невідомих радіовипромінювань. При цьому слід враховувати існування сигналів, яких немає в базі даних КР, і які можуть потрапляти на розпізнавання, що призводить до помилок віднесення таких сигналів до класу відомих. [3].

Метою роботи є дослідження непараметричних алгоритмів виявлення сигналів, їх порівняльний аналіз та реалізація непараметричного алгоритму на базі тесту Вілкоксона.

Найчастіше для виявлення сигналів використовують двохвибірковий тест Вілкоксона (або Манна - Уїтні, або суми рангів) і вельми простий в практичній реалізації знаковий тест [4]. Більш потужними виявляються рангові тести, які на відміну від знакового враховують не тільки факт,

але і ступінь відхилення елементів досліджуваної вибірки від деякого рівня або елементів опорної вибірки. також.

Двохвибіркові тести охоплюють більш загальні випадки виявлення сигналів, ніж одновибіркові, оскільки потребують меншої кількості апіорних відомостей [4]. Обумовлено це використанням опорної (або перешкодою) вибірки, яка є фактично «навчальною». Безумовно, застосування рангових алгоритмів призводить до неминучої втрати частини інформації, однак при збільшенні обсягу спостережень ці втрати зменшуються [5].

Для вирішення задач виявлення сигналів існують програмні засоби на таких мовах програмування як: Python, MatLab, R. У даній роботі для вирішення задач виявлення сигналу в умовах шуму використано мову програмування MatLab. Вона надає зручні засоби для розробки алгоритмів, включаючи високорівневі, з використанням концепцій об'єктно-орієнтованого програмування. У ньому є всі необхідні засоби інтегрованого середовища розробки, включаючи відладчик і профайлер. Функції для роботи з цілими типами даних полегшують створення алгоритмів для мікроконтролерів і інших додатків, де це необхідно. Використовується в задачах моделювання процесів та має багато внутрішніх функцій для роботи з сигналами.

У практичній частині роботи проводиться реалізація алгоритму виявлення сигналу на тлі шуму за допомогою знако-рангового тесту Вілкоксона. Алгоритм навчається на вибірках сигналу, що виступає шумом, де виконується базове налаштування, а потім на корисному сигналі з додаванням шуму задля перевірки виявлення сигналу в каналі з шумом. Отримавши результат, система зможе визначити чи повинен її стан змінитися, для надання вільного каналу користувачу, чи ні.

Література:

1. Д. Д. Стоянов, «Розробка і дослідження алгоритмів виявлення сигналів в когнітивних радіомережах», Ярославль, 2014. - 6 с.
2. Н.Є. Мірошнікова. «Огляд систем когнітивного радіо», 2013. - 1с
3. С. А. Іваненко, «Визначення незайнятих частотних каналів у когнітивних радіомережах методами виявлення та розпізнавання сигналів в умовах апіорної невизначеності», Харків, 2019. - 1-2 с
4. Тарасенко Ф. П. Непараметрична статистика. Томськ: ТГУ, 1976.
5. Нікітенко, В. І. Швидкі непараметричні алгоритми виявлення сигналів / В. І. Нікітенко. - Мінськ: БДУ, 2010. - 131 с.

М

М. О. Чурсанов, 6
 Мазепа А.Д., 60, 62, 64
 Малкова А.В., 147
 Мальцев Д.В., 129
 Мельников Р.С., 143
 Мирошников П.П., 139
 Муляр Б.П., 34

Н

Назаренко К.А., 50
 Новомодный О.Н., 161

П

Пахомова А. О., 163
 Паценко А. Н., 127
 Пономарьев А.В., 165
 Пономарьев А.К., 108
 Пушкарьов В. В., 92

Р

Рафальський Ю.І., 151
 Румянцева О.В., 58
 Русанова Є.В., 125
 Рязанцева Л.Н., 104

С

Сафін В.Т., 153
 Семенихин В.С., 137
 Семенченко О. А., 98
 Семеренська В.В., 54
 Сердюк А.Ю., 76
 Сердюк К.М., 94
 Сороколат Н.А., 167

Т

Тарасов А.С., 60, 62, 64
 Твердохлеб Л.А., 133

Тищенко М.В., 131

Товкун Ю.І., 52

Токар Д. І., 10

Ф

Федоренко А.С., 28

Фоменко В. Д., 137

Х

Хвостик И.О., 104

Хіхло В.Ю., 139

Ходаківський М.А., 96

Холобок В.И., 20

Худяков А. Д., 24

Ч

Чапарин І.М., 82

Черняк О.М., 167

Ш

Шамшур І.В., 28

Шатунова М.С., 86

Шведова В.В., 169

Шевченко К. Л., 84

Шевяков Ю.П., 151

Шестак О.А., 145

Шульга М.Д., 74

Ю

Юношев Д.Є., 135

Я

Яремчук Н.А., 169

**МОЛОДІЖНА
НАУКОВА
ЛІГА** 

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ
СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Конференцію схвалено УКРІНТЕІ (Посвідчення №221 від 25.02.2021)

21 ТРАВНЯ 2021

М. МИКОЛАЇВ, УКРАЇНА

**ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ
ТА ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ
СВІТОВОЇ НАУКИ**

ТОМ 2

ISBN 978-617-7991-45-7
DOI 10.36074/liga-21.05.2021

УДК 001(08)
П 75

<https://doi.org/10.36074/liga-21.05.2021>



Голова оргкомітету: Коренюк І.О.

Верстка: Білоус Т.В.

Дизайн: Бондаренко І.В.

Конференцію зареєстровано Державною науковою установою «УкрІНТЕІ» в базі даних науково-технічних заходів України та інформаційному бюлетені «План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні» (Посвідчення № 221 від 25.02.2021).



Матеріали конференції знаходяться у відкритому доступі на умовах ліцензії Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Всі роботи збірника, що містять DOI індексуються в Google Scholar, ORCID, CrossRef та OUCI (Український індекс наукового цитування).

П 75 **Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки:** матеріали I Міжнародної студентської наукової конференції (Т. 2), м. Миколаїв, 21 травня, 2021 р. / Молодіжна наукова ліга. — Вінниця: Європейська наукова платформа, 2021 — 228 с.

ISBN 978-617-7991-43-3

ISBN 978-617-7991-45-7 [Том 2]

DOI 10.36074/liga-21.05.2021

Викладено матеріали учасників I Міжнародної мультидисциплінарної студентської наукової конференції «Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки», яка відбулася у місті Миколаїв 21 травня 2021 року.

УДК 001 (08)

ISBN 978-617-7991-43-3

ISBN 978-617-7991-45-7 [Том 2]

© Колектив учасників конференції, 2021

© ГО «Молодіжна наукова ліга», 2021

© ГО «Європейська наукова платформа», 2021

КРИПТОВАЛЮТА ЯК ЗАСІБ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН	
Швець В.А.	42
ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ	
Шатайло М.І.	44
ОЦІНЮВАННЯ КРЕДИТНИХ РІШЕНЬ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	
Корнійчук Д.В.	46
ПОТЕНЦІАЛ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я	
Чаленко М.В.	48
РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ОБЗОР, ВАЖНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ	
Москаленко М.М.	51
РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЙ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ В СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ	
Євлашкін М.В.	53
РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА ВИПАДКИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ	
Лищук В.С.	55
РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ	
Андрущенко Я.В.	57
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ҐРУНТУ	
Ципляк О.О.	60
СЕКЦІЯ 18.	
ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ	
НЕПАРАМЕТРИЧНІ АЛГОРИТМИ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛУ. КРИТЕРІЙ ВІЛКОКСОНА	
Пономарьов А.К.	62
СЕКЦІЯ 19.	
ТРАНСПОРТА ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
СТРАТИФІКАЦІЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ В УКРАЇНІ	
Макарова О.О., Каменев Д.О.	65
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕТЕКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ	
Черненко В.О.	68

СЕКЦІЯ 18.

ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

Пономарьов Андрій Костянтинівич, здобувач вищої освіти
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

Науковий керівник: Штих І.А., старший викладач
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

НЕПАРАМЕТРИЧНІ АЛГОРИТМИ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛУ. КРИТЕРІЙ ВІЛКОКСОНА

Критерій Вілкоксона використовується при порівнянні показників, отриманих для однієї і тієї ж групи досліджуваних у двох різних умовах. Підтвердження достовірності їх зміни в середньому по групі здійснюється інтенсивністю окремих змін (і не тільки в їх напрямку, як у критерії ознак). У цьому розділі буде розглядатися одновибірковий знакоранговий критерій Вілкоксона. Це потужний, універсальний метод, оскільки його можна використовувати як для якісних ознак, що виміряні за шкалою порядку, так і для кількісних. Дає змогу виявити не тільки зміни у групі даних, але й напрямок цих змін [1].

Розглянемо вибірку вибірки $X = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$ елементів групи X .

Отже маючи дві вибірки даних формуються гіпотези:

$$\begin{aligned} H_0 : M &= M_0, \\ H_1 : M &> M_0, \end{aligned} \quad (1)$$

де M_0 – медіана розподілу до деякого впливу, M – медіана розподілу після деякого впливу.

Для перевірки нульової гіпотези необхідно відцентрувати вибірку $X = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$:

$$x_i = x_i - M_0, i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Після цього вибірка сортується у порядку зростання. Таким чином отримуємо, що рангом абсолютної величини елемента групи X буде його положення у цій вибірці. Таким чином, рангом R_i^+ абсолютної величини елемента m буде положення його в варіаційному ряду. Так само, як і для знакового тесту, оголошимо змінну $\varphi_i, i = \overline{1, n}$, що детермінує знаки $x_i, i = \overline{1, n}$, як функцію одиничного «стрибка».

$$\begin{aligned} \varphi_i &= 1, x_i \geq 0, \\ \varphi_i &= 0, x_i < 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Далі вираховується статистика Т-критерію:

$$T^+ = \sum_{i=1}^n R_i^+ \varphi_i, \quad (4)$$

що дорівнює сумі додатних знакових рангів. Рішення щодо відкидання нульової гіпотези формується тоді, коли

$$H_1 : T^+ = \sum_{i=1}^n R_i^+ \varphi_i \geq C_{\text{пор}} \quad (5)$$

де $C_{\text{пор}}$ – деякий поріг що обирається у відповідності до α (імовірність помилкового виявлення).

Умови застосування критерію Вілкоксона:

- нижня межа критерію: $n_{1,2} > 5$;
- критерій може бути застосованим тільки в разі порівняння двох зв'язних рядів вимірювань. Аналогом Т-критерію Вілкоксона для порівняння трьох і більше пов'язаних сукупностей є критерій Фрідмана.

Знаково-ранговий алгоритм, що реалізує (4) порівнює суму абсолютних рангів R_i^+ додатних вибірок з межею $C_{\text{меж}}$, за перевищенням якої виносяться рішення про наявність сигналу в каналі.

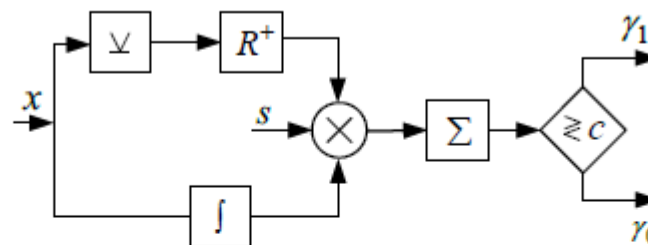


Рис. 1. Схема знаково-рангового детектора детермінованого сигналу

Перевага непараметричних алгоритмів виявлення полягає в тому, що на відміну від адаптивних алгоритмів вони не формують оцінок параметрів розподілу шуму. Їм не потрібен час, щоб адаптуватися до перешкод, а тому можуть працювати набагато швидше. Непараметричні алгоритми, як правило, мають підвищену стійкість характеристик виявлення до змін типу і параметрів перешкод і розподілу сигналу. Простота впровадження більшості непараметричних детекторів також є їх відмінною рисою [1].

Але непараметричні критерії також не вільні від недоліків. По-перше, при їх використанні зазвичай передбачається рівність середніх. По-друге, коректність їх застосування забезпечується у випадку коли вибірки що аналізуються мають один закон розподілу. По-третє, непараметричні критерії мають помітно меншу потужність у порівнянні з параметричними. Виконання цих умов дещо звужує область коректного використання непараметричних критеріїв.

Детектори на основі тесту Вілкоксона є найпотужнішими порівняно з алгоритмами, заснованими на знаковій статистиці. Вони трохи поступаються за ефективністю виявлення до оптимальних алгоритмів, заснованих на непараметричних критеріях Ван дер Вардена, Левіна-Кушніра, Гаєка, маючи значно меншу обчислювальну складність, можуть бути використані для виявлення постійного сигналу на тлі шуму з симетричним розподілом [2]. Відповідно до критерію Неймана-Пірсона непараметричні детектори можна порівнювати за своїми детекторними характеристиками один з одним, а також з оптимальними детекторами для кожного з можливих розподілу шуму. Кількісним показником для порівняння якості виявлення є коефіцієнт асимптотичної відносної ефективності – АВЕ [2]. Значення АВЕ для критерію Вілкоксона при детектуванні постійного позитивного сигналу

на тлі гаусової перешкоди в порівнянні з оптимальним для цього випадку лінійним становить 0,955 [2]. Таким чином, детектор Вілкоксона в цьому випадку практично не поступається оптимальному.

Список використаних джерел:

1. Непараметрические обнаружители сигналов: учебное пособие к лабораторной работе / сост. А.В. Бруханский. Кафедра 401 МАИ, 1998. – 21 с.
2. Богданович В.А. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов / Богданович В.А., Вострецов А.Г. – М.: Физматлит, 2004. – 316 с..

ДОДАТОК В СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ТЕМУ:

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕПАРАМЕТРИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ НЕЗАЙНЯТИХ ЧАСТОТНИХ КАНАЛІВ В МЕРЕЖАХ КР

Ст. гр. ІМІм-19-2

Пономарьов А.К.

Науковий керівник – Безрук В.М.

Харків 2021 р.

РОЗПОДІЛЕННЯ СПЕКТРУ ЧАСТОТ

Розподіл смуг частот між операторами зв'язку здійснюється на підставі відповідних ліцензій Національної комісії. Тобто виділений та ліцензований частотний спектр перевантажений у певних смугах частот, тоді як неліцензовані частоти використовуються недостатньо або взагалі не використовуються.

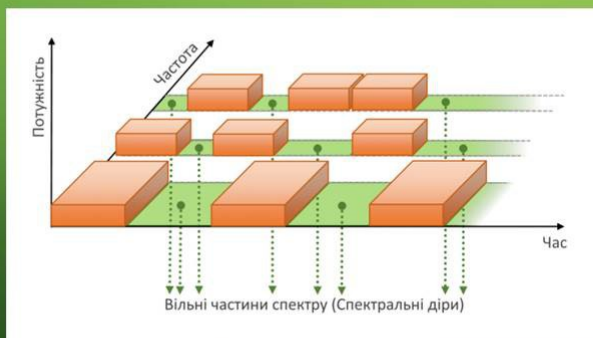


Рисунок 1 - Концепція вибору вільних частин спектру

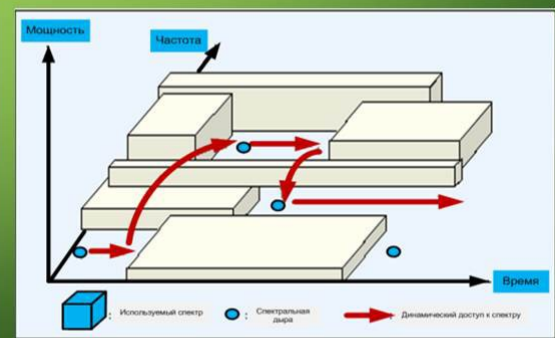


Рисунок 2 - Динамічне використання спектра

КОГНІТИВНЕ РАДІО

Когнітивне радіо (КР) - це бездротова інтелектуальна система зв'язку, яка здатна аналізувати навколишнє середовище та пристосовуватися до нього через навчання, реагувати на зміни в навколишньому середовищі, змінюючи власні параметри в режимі реального часу з метою підвищення ефективності використання спектральних ресурсів.

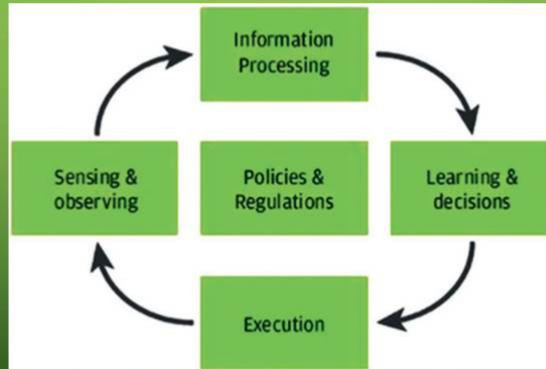


Рисунок 3 - Загальна функціональна схема роботи когнітивного радіо

3

МОНІТОРИНГ СПЕКТРА

Моніторинг спектра в системі КР - це спостереження за радіовипромінням на широкому діапазоні частот з метою отримання інформації про доступність діючих діапазонів частот, доступних для користувачів КР

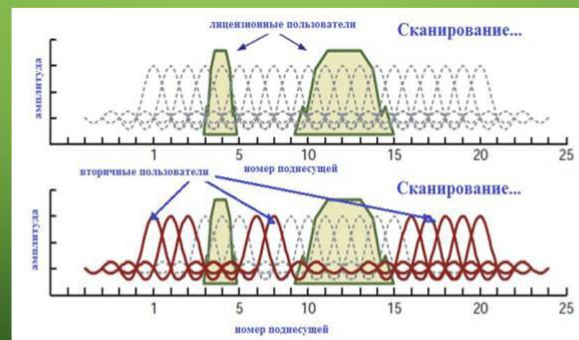


Рисунок 4 - Використання моніторингу та зайняття незайнятих частот в каналі за допомогою OFDM

4

АНАЛІЗ СПЕКТРА

У таких широких діапазонах частот існує багато джерел радіовипромінювання з різними параметри сигналу. Наприклад, сигнали можуть мати пропускну здатність від декількох кГц до десятків МГц, і їх розташування на осі частот залежить від різних факторів. Таким чином, врахування апріорної інформації про параметри сигналів при спостереженні за спектром дуже важко через великий обсяг необхідних даних.



Рисунок 5 - Узагальнена структурна схема моніторингу спектра

5

АЛГОРИТМИ ВИЯВЛЕННЯ

Таблиця 1 - Типи алгоритмів виявлення сигналу

За кількістю спектральних відліків	За використанням параметрів сигналу
Точкові	Параметричні
Інтервальні	Непараметричні

6

ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ

Таблиця 2 - Порівняння характеристик параметричних на непараметричних алгоритмів виявлення

Параметричні	Непараметричні
Потребують апріорну точність параметрів сигналу (тип, ширина полоси та закон розподілення)	Не чутливі/слабко чутливі до апріорної невизначеності
При зміні параметрів сигналу ефективність різко падає	Висока завадостійкість до зміни параметрів сигналу
Різноманітність стандартів зв'язку не дає змогу створити універсальну систему розпізнання	Відносна простота реалізації
Складність синтезу адаптивного квазіоптимального алгоритму	Висока швидкодія, відносно адаптивних параметричних алгоритмів
Висока ефективність	Відносно невисока ефективність

7

ПОРОГОВИЙ АЛГОРИТМ

Для виявлення сигналу на тлі шуму у якості порогового алгоритму використовується енергетичний детектор. Він являє собою некогерентний пристрій детектування, що вимірює енергію прийнятого сигналу під час спостереження, порівнює рівень отриманої енергії з заданим пороговим значенням і на цій підставі визначає наявність або відсутність невідомого сигналу. Цей спосіб виявлення сигналу є самим простим.

8

G-КРИТЕРІЙ ЗНАКІВ

Критерій знаків призначений для виявлення найбільш характерного в досліджуваній групі напрямку зсуву обраного показника. Якщо виявиться, що зрушення є значним, критерій дозволяє встановити його напрямок (зростання, спадання). Зручність критерію полягає в тому, що він застосовний до показників, виміряних за будь-якою шкалою. Фіксуються знаки відмінностей між кожною парою спостережень, статистика тесту являє собою кількість випадків, коли зустрічається найменш частий знак.

Має низьку потужність, тому є доцільним для використання до великих вибірок (більше 20 пар).

Знаковий детектор знаходить число додатних відліків у вхідній реалізації та за перевищенням деякого порогового значення, що залежить від імовірності помилкового виявлення виносить рішення про наявність сигналу в каналі.

9

АЛГОРИТМ ЗНАКОВОГО КРИТЕРІЮ

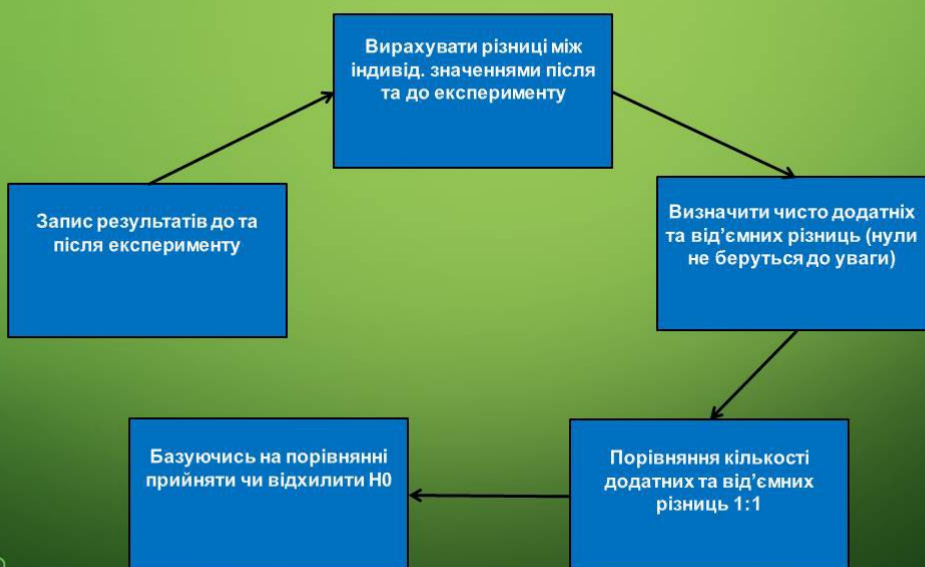


Рисунок 6 - Загальний алгоритм знакового критерію

10

T-КРИТЕРІЙ ВІЛКОКСОНА

Критерій Вілкоксона використовується при порівнянні показників, отриманих для однієї і тієї ж групи досліджуваних у двох різних умовах. Підтвердження достовірності їх зміни в середньому по групі здійснюється інтенсивністю окремих змін (і не тільки в їх напрямку, як у критерії знаків). Це потужний метод, оскільки його можна використовувати як для якісних ознак, що виміряні за шкалою порядку, так і для кількісних. Дає змогу виявити не тільки зміни у групі даних, але й напрямок цих змін. Такий критерій є більш потужний ніж критерій знаків, тому може використовуватися для вибірок невеликого об'єму (більше 5).

Знаково-ранговий детектор порівнює суму абсолютних рангів додатних вибірок з деяким пороговим значенням, за перевищенням якого виноситься рішення про наявність сигналу в каналі. Такі детектори поступаються в ефективності виявлення оптимальним алгоритмам і деяким алгоритмам, заснованих на непараметричних критеріях, але при цьому мають значно меншу обчислювальну складність та можуть застосовуватися для виявлення постійного сигналу на тлі шуму з симетричним розподілом.

11

АЛГОРИТМ ЗНАКОВО-РАНГОВОГО КРИТЕРІЮ

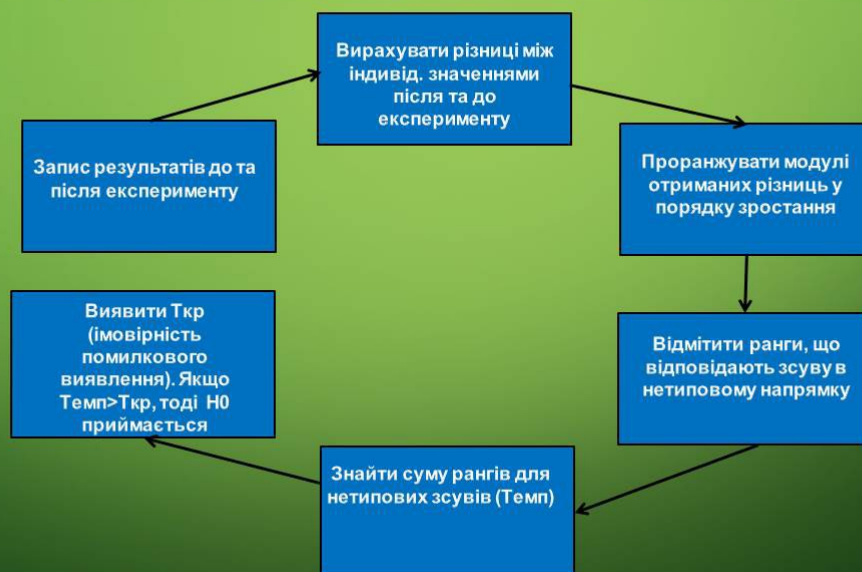


Рисунок 7 - Загальний алгоритм знаково-рангового критерію

12

РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ НА БАЗІ ТЕСТУ ВІЛКОКСОНА У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ МАТЛАВ

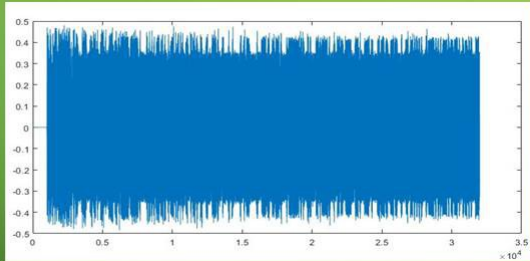


Рисунок 8 - Графік часових відліків FSK сигналу

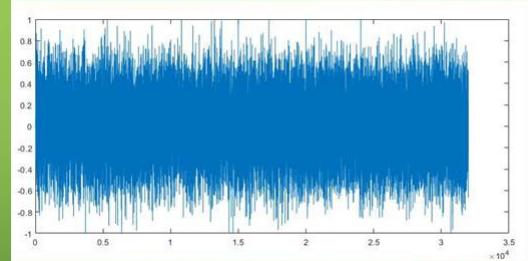


Рисунок 9 - Графік часових відліків сигналу білого шуму

13

РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ НА БАЗІ ТЕСТУ ВІЛКОКСОНА У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

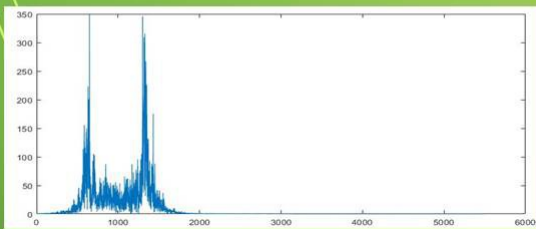


Рисунок 10 - Графік спектральних відліків FSK сигналу

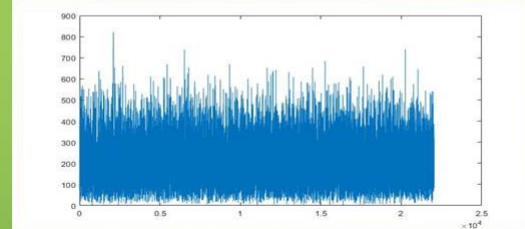


Рисунок 11 - Графік спектральних відліків білого шуму

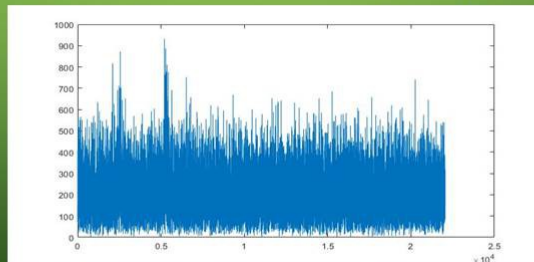


Рисунок 12 - Графік спектральних відліків суміші FSK сигналу та білого шуму

14

РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ

Таблиця 3 - Імовірності вірного виявлення зайнятості частотного каналу для різних відношень сигнал/шум

Значення SNR для суміші	Імовірність вірного виявлення детектором за алгоритмом Вілкоксона	Імовірність вірного виявлення енергетичним детектором
0.7	1	0.137
-1.3	1	0.1
-4.3	0.969	0.075
-5.2	0.961	0.071
-6.5	0.714	0.068
-8.5	0.117	0.061

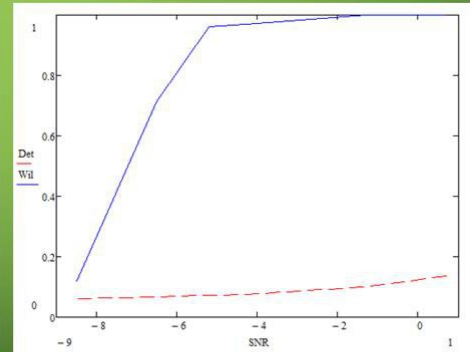


Рисунок 13 - Графік залежності імовірності вірного виявлення від відношення сигнал/шум

15

ВИСНОВКИ

Оскільки проблема спостереження спектра в КР характеризується значною апіорною невизначеністю, так як апіорі невідомі значення параметрів виявлених сигналів та закони їх розподілу, то для цих умов непараметричні алгоритми являють собою один за кращих методів моніторингу спектра в мережах когнітивного радіо.

У проведеній роботі розкриті механізми роботи декількох непараметричних алгоритмів детектування сигналу в каналі, що власне й означає виявлення параметру зайнятості частотного каналу у радіомережі. Найефективнішим з розглянутих алгоритмів був непараметричний знаково-ранговий критерій Вілкоксона.

В середовищі MATLAB була виконана реалізація детектору вільних частотних каналів на базі одновибіркового знаково-рангового тесту Вілкоксона та енергетичного детектора. Детектор Вілкоксона використовує більш складний алгоритм та має вищу складність реалізації, ніж енергодетектор, але при цьому має набагато вищу ефективність. Як видно з рис. 1.13, навіть при низькому значенні сигнал/шум в каналі зв'язку детектор Вілкоксона має більшу імовірність правильного розпізнавання наявності сигналу в каналі. Та чим більше стає SNR, тим стрімкіше зростає імовірність вірного виявлення зайнятості каналу.

16



ДОПОВІДЬ ЗАВЕРШЕНО
ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !

