

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИНХРОНІЗУЮЧИХ
СИГНАЛІВ В СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ
ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

по дисципліні

ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ДАНИХ

„Узгоджено”
на факультеті магістерської підготовки
Декан _____ Боровська Г.О.

„Затверджено”
на засіданні кафедри АСМНС
протокол № _____ від _____ 2019 р.
Зав. каф. АСМНС
_____ Перелигін Б.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИНХРОНІЗУЮЧИХ
СИГНАЛІВ В СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ
ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

з дисципліни

ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ДАНИХ

Одеса – 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИНХРОНІЗУЮЧИХ
СИГНАЛІВ В СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ
ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

з дисципліни

ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ДАНИХ

Узгоджено
на факультеті магістерської
підготовки

Одеса – 2019

Методичні вказівки до лабораторної роботи "Дослідження процесу фільтрації синхронізуючих сигналів в супутникових даних за допомогою штучних нейронних мереж" з дисципліни "Штучні нейронні мережі в задачах обробки даних" для магістрів, які навчаються за спеціальністю "Комп'ютерні науки" / Перелигін Б.В., Ткач Т.Б. – Одеса, ОДЕКУ, 2019. – 53с.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	7
1.1 Загальні відомості.....	7
1.2 Формування супутникової моніторингової інформації і передача її на Землю.....	7
1.2.1 Супутникові дані формату HRPT.....	7
1.2.2 Супутникові дані формату ART.....	16
1.2.3 Формування зображення з супутникових даних формату ART.....	27
1.3 Фільтрація і фільтри.....	29
2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	30
2.1 Мета лабораторної роботи.....	30
2.2 Технічне забезпечення лабораторної роботи.....	30
2.3 Хід виконання лабораторної роботи.....	30
2.4 Завдання на лабораторну роботу і порядок її виконання.....	31
2.5 Зміст звіту про лабораторну роботу.....	50
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	51
ЛІТЕРАТУРА.....	52
ДОДАТОК А. Вимоги до оформлення і форма титульного аркуша звіту про лабораторну роботу.....	53

ВСТУП

Дисципліна "Штучні нейронні мережі в задачах обробки даних" є дисципліною підготовки магістрів за спеціальністю "Комп'ютерні науки". Вона знайомить майбутніх фахівців з сучасними методами обробки даних.

Мета дисципліни – підготовка майбутніх фахівців в галузі обробки даних.

Останнім часом обробка й аналіз подібної інформації стали особливо актуальними. Існуючі численні системи метеорологічного, гідрологічного, океанологічного, екологічного моніторингу наземного і космічного базування, радіолокаційні системи дистанційного моніторингу надають велику кількість важливої інформації, яка потребує грамотної обробки для отримання її характеристик з метою наступного ухвалення рішень системами управління різного рівня. Фахівці з подібними знаннями потрібні і в державних структурах, і в наукових установах, і в комерційних фірмах.

У дисципліні "Штучні нейронні мережі в задачах обробки даних" розглядаються сучасні методи обробки й аналізу моніторингової інформації, основані на теорії штучних нейронних мереж, і вивчаються технічні й програмні засоби, які їх реалізують.

Тому завданням дисципліни є вивчення застосування нейромережних технологій обробки моніторингової інформації, яка поступає від систем вимірювання параметрів стану довкілля, штучних супутників Землі, радіолокаційних станцій і інших систем моніторингу довкілля. В результаті її обробки можливе отримання значущих характеристик для ухвалення обґрунтованих рішень в системах управління різних ієрархічних рівнів.

Практична частина дисципліни включає лабораторні роботи по вивченню та дослідженню способів і методів обробки й аналізу моніторингової інформації.

Ця лабораторна робота присвячена дослідженню й оцінці якості процесу фільтрації синхронізуючих сигналів з супутникових даних формату АРТ різними способами, у тому числі і за допомогою штучної нейронної мережі.

В результаті підготовки і проведення лабораторної роботи "Дослідження процесу фільтрації синхронізуючих сигналів в супутникових даних за допомогою штучних нейронних мереж" студенти повинні надбати:

знання:

- про супутникову телеметрію;
- про підхід до створення різних фільтрів, які дозволяють виділити синхросигнали з супутникових даних.

уміння:

- застосовувати штучні нейронні мережі для вирішення задач фільтрації сигналів з супутникових даних.

У цих методичних вказівках наводяться теоретичні відомості, необхідні для виконання цієї лабораторної роботи, а також мета, завдання і порядок

виконання роботи. Наведені також вимоги щодо оформлення звіту про лабораторну роботу.

При виконанні лабораторної роботи кожен студент відповідає на теоретичні питання і, потім, після отримання допуску, практично виконує роботу.

Оцінюється лабораторна робота в межах виділених на неї в робочій навчальній програмі балів, причому 50% цих балів доводиться на оцінку готовності студента до лабораторної роботи з теоретичних питань і 50% – на оцінку практичного виконання роботи. При отриманні студентом позитивної оцінки за відповідь на теоретичні питання він отримує допуск до виконання лабораторної роботи, після чого практично виконує лабораторну роботу. Якщо у студента немає допуску, тоді роботу він не виконує.

Після демонстрації викладачеві результатів виконання лабораторної роботи і отримання його дозволу студент оформляє звіт. Після оформлення захищає звіт у вигляді відповідей на питання викладача про хід виконання лабораторної роботи і про результати роботи.

Проводиться лабораторна робота в комп'ютерному класі на персональних електронно-обчислювальних машинах зі встановленою системою комп'ютерної математики.

Вимоги правил техніки безпеки при проведенні лабораторної роботи на персональних ЕОМ

- 1) Включити апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: стабілізатор напруги, відеодисплейний термінал, процесор.
- 2) Відрегулювати яскравість світіння екрану відеодисплейного терміналу, фокусування, контрастність. Не слід встановлювати велику яскравість світіння екрану щоб уникнути стомлення очей. Її слід встановити так, щоб відношення яскравості екрану до яскравості поверхонь, що оточують його, в робочій зоні було не більше, ніж 3:1.
- 3) Під час роботи за клавіатурою сидіти прямо, не напружуватися.
- 4) Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристрою управління маркером "мишу" слід зайняти велику поверхню столу для переміщення "миші" і для зручного упору ліктьового суглоба.
- 5) Після закінчення роботи вимкнути апаратуру в порядку, зворотному включенню.
- 6) Під час лабораторної роботи не дозволяються сторонні розмови, створення дратівливих шумів.

При проведенні лабораторної роботи ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- 1) Користуватися кабелями і дротами з пошкодженою ізоляцією.
- 2) Залишати під напругою кабелі і дроти з неізольованими провідниками.
- 3) Застосовувати саморобні подовжувачі, що не відповідають вимогам правил

пристрою електроустановок.

- 4) Використовувати пошкоджені електричні розетки.
- 5) При необхідності перемикання мережних кабелів робити це тільки при вимкненому електричному живленні комп'ютера.
- 6) Класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

"Дослідження процесу фільтрації синхронізуючих сигналів в супутникових даних за допомогою штучних нейронних мереж"

1.1 Загальні відомості

Штучні нейронні мережі ґрунтуються на простій біологічній моделі нервової системи, що складається з 10^{11} нейронів, кожен з яких приймає зважену суму вхідних сигналів і за певних умов передає сигнал іншим нейронам. Кількість зв'язків нейронів в системі досягає 10^{15} .

Теорія нейронних мереж виникла з досліджень мозку і пов'язана зі спробами відтворення здатності нервових біологічних систем до навчання і виправлення помилок, моделюючи низькорівневу структуру мозку.

Ця теорія розвивалася з середини 20 століття і з кінця 90-х років знайшла широке практичне застосування. У космонавтиці і аеронавтиці – для імітації траєкторій польоту і побудови систем автоматичного пілотування. У військовій справі – для управління зброєю і стеженням за цілями. У електроніці – для розробки систем машинного зору і синтезу мови. У медицині – для діагностики захворювань і конструювання протезів. У виробництві – для управління технологічними процесами, роботами і так далі. Такий успіх нейронних мереж пояснюється тим, що була створена необхідна елементна база для реалізації нейронних мереж, а також розроблені потужні інструментальні засоби для їх моделювання у вигляді пакетів прикладних програм. До подібних пакетів належить пакет Neural Networks Toolbox (NNT) системи комп'ютерної математики (СКМ) MATLAB фірми Math Works.

Пакет прикладних програм NNT містить засоби для побудови нейронних мереж, які базуються на поведінці математичного аналога нейрона. Пакет забезпечує ефективну підтримку проектування, навчання, аналізу і моделювання безлічі відомих типів мереж – від базових моделей перцептрона до асоціативних мереж, які самоорганізуються. Для кожного типу архітектури і навчальних правил є функції ініціалізації, навчання, адаптації, створення, моделювання, відображення, оцінки і демонстрації, а також приклади застосування.

1.2 Формування супутникової моніторингової інформації і передача її на Землю

1.2.1 Супутникові дані формату HRPT

Дані з супутника передаються в частотному діапазоні 1,7 ГГц з роздільною здатністю 1,1 км/піксель в цифровому форматі HRPT (high resolution picture transmitting – передача зображення с високою роздільною

здатністю). Передаються з супутника файли зображення і інформаційні (оброблювані) файли в однобайтовому або двобайтовому форматі.

Для прийому цих даних потрібне наступне устаткування:

- гостронаправлена антена, як правило, дзеркального типу;
- координатний пристрій або пристрій наведення, який направлятиме антену на супутник;
- перетворювач (конвертор), який перетворює сигнал високої частоти (1,7 ГГц) на нижчу частоту, наприклад, 137 МГц, на якій можна реалізувати максимальне посилення сигналу, прийнятого з супутника;
- програмне забезпечення, яке управляє антеною і обробляє сигнал.

Формат однобайтових цих супутників NOAA (*.pr1).

Для інформаційних (оброблюваних) файлів далі прийняті наступні аббревіатури.

	Тип паспорта	
УФ - початкові упаковані файли HRPT	!	1
РФ - розпаковані 2-байтові канали AVHRR	!	1
КФ - 1-байтові канали AVHRR, що калібруються	!	1
ФП - проекції	!	1
КИ - композиційні зображення (формат ФП)	!	1
ФГ - гістограми	!	2
ЕФ - еталонна гістограма (формат ФГ)	!	2
ФМ - файли-масиви	!	2
БМ - берегові маски	!	-
БК - берегові контури	!	-
ТАК - вхідні дані для графічної підсистеми	!	-
ГР - графічні файли (формату RFGS В.Федерякова)	!	-

УФ, РФ, Кф, фп містять паспорт („нульовий блок“) у перших 512 байтах файлу. Формат паспорта зображення:

ТИП ПАСПОРТА 1

Зсув ! Довжина ! Вміст

0	1	день за Грінвічем
1	1	місяць за Грінвічем
2	1	рік за Грінвічем (2 останніх цифри)
3	1	біт 0: 0 -канал А, 1 -канал В; біт 1-6 -номер ШСЗ; біт 7: 0 -АРТ, 1 -HRPT
4	1	години за Грінвічем
5	1	хвилини за Грінвічем
6	1	секунди за Грінвічем
7	1	тіки (1/100 сек.)
8	2	номер витка
10	2	кількість рядків в початковому зображенні
12	2	номер мірної орбіти
14	2	номер опорної орбіти
16	4	період обертання ШСЗ в хв

20	4	ексцентриситет орбіти
24	4	аргумент перигею
28	4	кут нахилу орбіти в град.
32	4	велика піввісь орбіти в м
36	4	зміна перигею день за днем
40	4	час перетину екватора висхідним вузлом опорної орбіти
44	4	довгота перетину екватора --#--
48	4	інкремент довготи
52	1	тип супутника: 0 -NOAA, 1 -GMS
-- параметри з	55	по 168 відносяться до мірної орбіти --
54	1	рік запуску супутника (2 останніх цифри)
55	1	рік (2 останніх цифри)
56	1	місяць
57	1	день
58	1	години
59	1	хвилини
60	4	секунди (REAL*4)
64	8	час в днях від початку року
72	4	кут на Овен в град.
76	4	аномалістичний період
80	8	аргумент перигею
88	8	пряме сходження в град.
96	8	середня аномалія в град.
104	8	координата X
112	8	координата Y
120	8	координата Z
128	8	швидкість по X
136	8	швидкість по Y
144	8	швидкість по Z
152	8	балістичний коефіцієнт
160	4	похідна прямого сходження
164	4	похідна середньої аномалії
168	16	резерв
184	4	мінімальна радіація або температура після калібрування
188	4	крок по радіації/температурі
192	1	номер каналу після розпаковування AVHRR
193	1	код калібрування 0-ні/1-радіації/2-температури
194	1	число класів після класифікації (не більше 20)
195	1	код класу 1
196	1	мін висота 1 (у сотнях метрів)
197	1	мах висота 1 --#--
198	1	код класу 2
199	1	мін висота 2 (у сотнях метрів)
200	1	мах висота 2 --#--
.....		
256	1	тип файлу:
	0	-АРТ
	1	-початковий HRPT
	2	-розпакований HRPT (2 байт/піксель)
	3	-для виведення HRPT (1 байт/піксель)
	4	-результат. GMS LRFAX

	5	-результат. GMS HRFAH
	6	-проекція Меркатора
	7	-проекція рівнопроміжна
257	1	початковий тип упаковки HRPT: 0 - одне 10 бітове слово -> 2 байти 1 - три 10 бітових слова -> 4 байти 2 - вісім 10 бітових слів -> 10 байт
258	2	кількість малих кадрів HRPT
260	2	довжина кадру HRPT
262	2	резерв
264	2	маска сегментів кадру HRPT
266	2	кіль-сть пропущених пікселів від початку рядка
AVHRR		
268	2	кіль-сть прийнятих пікселів рядка AVHRR
270	2	число пікселів в рядку проекції
272	2	число рядків проекції
274	2	число байт на піксель проекції
276	4	розмір одного пікселя проекції (град.)
280	4	мінімальна широта проекції (град.)
284	4	максимальна широта проекції (град.)
288	4	мінімальна довгота проекції (град.)
292	4	максимальна довгота проекції (град.)
296	2	зсув проекції по горизонталі
298	2	зсув проекції по вертикалі
300	2	слово стану обробки: біт 0 - поведена фільтрація гармонійної складової біт 1 - проведена корекція рядків ART режиму біт 2 - проведено калібрування
302	4	середнє по фрагменту відношення висоти ШСЗ над Землею до радіусу орбіти
306	2	ступінь апроксимуючого полінома для відновлення позиції в рядку початкового знімка
308	2	ступінь апроксимуючого полінома для відновлення номера рядка початкового знімка
310	164	коефіцієнти апроксимуючих поліномів
474		резерв
508	1	вид упаковки (0 -не упаковано)
509	1	версія упаковки
510	1	модель даних упаковки
511	1	резерв

9 дійсних (REAL*4) параметрів по зсувах з 16 по 52 зберігаються у внутрішньому представленні плаваючих чисел для PDP-11 (для сумісності з архівом ІАПУ за 1984-1992 рр.)

Формат двобайтових даних супутників NOAA (*.pro).

1. Формат паспорта

Паспорти файлів мають однакову довжину (512 байт).
Паспорт складається з двох частин: постійної (перші 64 байти паспорта) і специфічної (залишок паспорта).
Постійна частина однакова для всіх типів файлів
специфічна ж визначається типом даних вказаним в постійній частині.
Постійна частина

зсув

	розмір	тип (Ci)	
0	1	byte	Тип формату - FFh1
1	3	char[13]	Назва ШСЗ2, заголовними буквами (див. Примітка 1).
14	4	unsigned long	Ідентифікатор ШСЗ (див. Таблицю „Ідентифікатори ШСЗ“)
18	4	unsigned long	Номер витка
22	2	unsigned	дата початку прийому (UTC) --- рік
24	2	unsigned	день року (1-based)
26	4	unsigned long	час початку прийому (мілісекунд з початку дня)
30-37	8		Резерв
38-59	22		Службові
60-61	2		Резерв
62	2	byte[2]	Тип даних (див. Таблицю „Поле 62/Поле 63“)
Ідентифікатори ШСЗ			
NOAA-9	15427		
NOAA-10	16969		
NOAA-11	19531		
NOAA-12	21263		
NOAA-14	23455		
NOAA-15	25338		
NOAA-16	26536		
NOAA-17	27453		
GMS-5	23522		
FY-1c	25730		
FY-1d	27431		

Тип даних задається полями по зсувах 62 і 63:

Поле 62	Поле 63
1 початкові дані	1 HRPT NOAA
	11 GMS S-VISSR
2 одноканальні дані	1 NOAA AVHRR
	11 GMS S-VISSR
3 проекція	1 NOAA AVHRR
	11 GMS S-VISSR
4 дані телеметрії	1 NOAA/AVHRR
	11 GMS S-VISSR (дані з DOC-сектора)

2. Специфічні частини паспорту

2.1 HRPT

64	2	unsigned	Кількість прийнятих кадрів без збою синхронізації
66	2	unsigned	Кількість прийнятих кадрів із збоєм синхронізації
68	2	unsigned	Кількість кадрів без збоїв по полю часу
70	2	unsigned	Кількість кадрів із збоєм по полю часу
72	2	unsigned	Кількість пропусків (gaps)
Опис рядка			
74	2	unsigned	Тип упаковки: 0 - одне 10 бітове слово

			2 байти	1 - три 10 бітових слова
			4 байти	2 - вісім 10 бітових слів
			10 байт	
76	2	unsigned		Повна довжина рядка
78	4	unsigned long		Маска сегментів кадру HRPT
82	2	unsigned		Кількість пікселів, пропущених від початку рядка
84	2	unsigned		Кількість прийнятих пікселів рядка
86	2	unsigned		Тип витка: 0 - низхідний, 1 - висхідний
88-127	40			Резерв
Орбітальні дані NORAD				
128	4	unsigned long		Номер опорного витка (повний)
132	2	unsigned		Номер набору елементів
134	2	unsigned		Тип ефемерид
136	2	unsigned		Рік (повний) Опорного витка
138	8	double		День від початку року (1-based)
146	8	double		Середній рух (рад/хв)
154	8	double		Опір атмосфери (BSTAR Drag Term)
162	8	double		Нахил орбіти (рад)
170	8	double		Пряме сходження висхідного вузла (рад)
178	8	double		Ексцентриситет
186	8	double		Аргумент перигею (рад)
194	8	double		Середня аномалія (рад)
202-255	54			Резерв
Дані географічної корекції				
256	2	unsigned		Номер версії корекції, 0 - відсутність корекції
258	2	int		Поправка бортового годинника по TBUS, мсек
				Версія 1
260	2	int		Поправка часу, мсек
262	8	double		- крен (рад) - крен (roll)
270	8	double		- тангаж (pitch)
278	8	double		- рискання (yaw)
286-511	226			Резерв
2.2 Одноканальні дані				
2.2.1 Одноканальні дані NOAA AVHRR				
Одноканальні дані NOAA AVHRR				
64	4	unsigned long		Стадія обробки даних.
Біти:				
0 - проведено калібрування				
1 - проведена атмосферна корекція				
16 - проведено відсікання суші				
17 - проведено відсікання моря				
68	2	unsigned		Номер каналу. Можливі значення: 1, 2, 3, 4, 5.
70	2	unsigned		Загальна кількість рядків.
72	2	unsigned		Повна довжина рядка в пікселях.
74	2	unsigned		Кількість пікселів, пропущених від початку рядка
76	2	unsigned		Кількість прийнятих пікселів рядка
78	2	unsigned		Тип витка: 0 - низхідний, 1 - висхідний
80	2	int		Максимальне значення серед значущих пікселів зображення коефіцієнти перерахунку значення ->

температура/альбедо) $T = A * C + B$

82 8 double Коефіцієнт A

90 8 double Коефіцієнт B

98-127 30 Резерв

Орбітальні дані NORAD

128 4 unsigned long Номер опорного витка (повний)

132 2 unsigned Номер набору елементів

134 2 unsigned Тип ефемерид

136 2 unsigned Рік (повний)

138 8 double День від початку року (1-based)

146 8 double Середній рух (рад/хв)

154 8 double Опір атмосфери (BSTAR Drag Term)

162 8 double Нахил орбіти (рад)

170 8 double Пряме сходження висхідного вузла (рад)

178 8 double Ексцентриситет

186 8 double Аргумент перигею (рад)

194 8 double Середня аномалія (рад)

202-255 54 Резерв

Корекція

256 2 unsigned Номер версії корекції, 0 - відсутність корекції

258 2 int Поправка бортового годинника по TBUS, мсек

Версія 1

260 2 int Поправка часу, мсек

262 8 double крен (roll)

270 8 double тангаж (pitch)

278 8 double рискання (yaw)

286-511 226 Резерв

2.3 Проекції

Проекції

64 4 unsigned long Стадія обробки даних.

Біти:

0 - проведено калібрування

1 - проведена атмосферна корекція

16 - проведено відсікання суші

17 - проведено відсікання моря

68 2 unsigned Номер каналу. Можливі значення: 1, 2, 3, 4, 5.

70 2 int Максимальне значення серед значущих пікселів зображення

Опис географічного району

72 2 unsigned Тип проекції: 1 - Меркаторська, 2 - рівнопроміжна

74 2 unsigned Кількість рядків

76 2 unsigned Кількість пікселів в рядку

78 4 float Широта (градуси)

82 4 float Довгота (градуси)

86 4 float Розмір по широті (градуси)

90 4 float Розмір по довготі (градуси)

94 4 float Крок по широті (секунди)

98 4 float Крок по довготі (секунди)

Параметри перетворення до фізичних величин

102 8 double Коефіцієнт A

110	8	double	Коефіцієнт B
118-128	10		Резерв
Орбітальні дані NORAD			
128	4	unsigned long	Номер опорного витка (повний)
132	2	unsigned	Номер набору елементів
134	2	unsigned	Тип ефемерид
136	2	unsigned	Рік (повний)
138	8	double	День від початку року (1-based)
146	8	double	Середній рух (рад/хв)
154	8	double	Опір атмосфери (BSTAR Drag Term)
162	8	double	Нахил орбіти (рад)
170	8	double	Пряме сходження висхідного вузла (рад)
178	8	double	Ексцентриситет
186	8	double	Аргумент перигею (рад)
194	8	double	Середня аномалія (рад)
202-255	54		Резерв
Корекція			
256	2	unsigned	Номер версії корекції, 0 - відсутність корекції
258	2	int	Поправка бортового годинника по TBUS, мсек
260	2	int	Поправка часу, мсек
262	8	double	крен (roll)
270	8	double	тангаж (pitch)
278	8	double	рискання (yaw)
286-511	226		Резерв

2.4 Дані телеметрії каналу AVHRR NOAA HRPT

Дані телеметрії каналу AVHRR NOAA HRPT

64	2	unsigned	Загальна кількість рядків.
66	2	unsigned	Номер каналу. Можливі значення: 1, 2, 3, 4, 5.
68-511	444		Резерв

Примітка.

До початку 2000 року поле satName описувалося як char satName [15], а по зсуву 16 розташовувалося поле unsigned short satNum. На той момент в архіві були файли даних тільки супутників NOAA (до NOAA-15 включно), тому поле satName містило ASCII-строку „NOAA”, а поле satNum - номер супутника в серії, тобто для NOAA-12 воно містило 12.

Зараз поле satName описується як char satName [13] і для супутників NOAA містить ASCII-строку виду „NOAA 12”, а по зсуву 14 розташовано поле unsigned long satId.

1.2.2 Супутникові дані формату АРТ

Розглянемо порядок формування даних сканера AVHRR супутника NOAA у форматі АРТ (automatic pictures transmitting – автоматична передача зображення). Цей формат передачі супутникових даних є аналоговим форматом.

У форматі HRPT формуються і передаються на Землю по радіоканалу з частотою 1,7 ГГц і швидкістю передачі даних 665,4 Кбіт/с: 1 – файли зображення і 2 – інформаційні (оброблювані) файли в однобайтовому або

двобайтовому форматі, причому частину з них містять паспорти зображення в перших 512 байтах.

Дані формату АРТ формуються на супутнику з даних формату HRPT так (рис. 1.1).

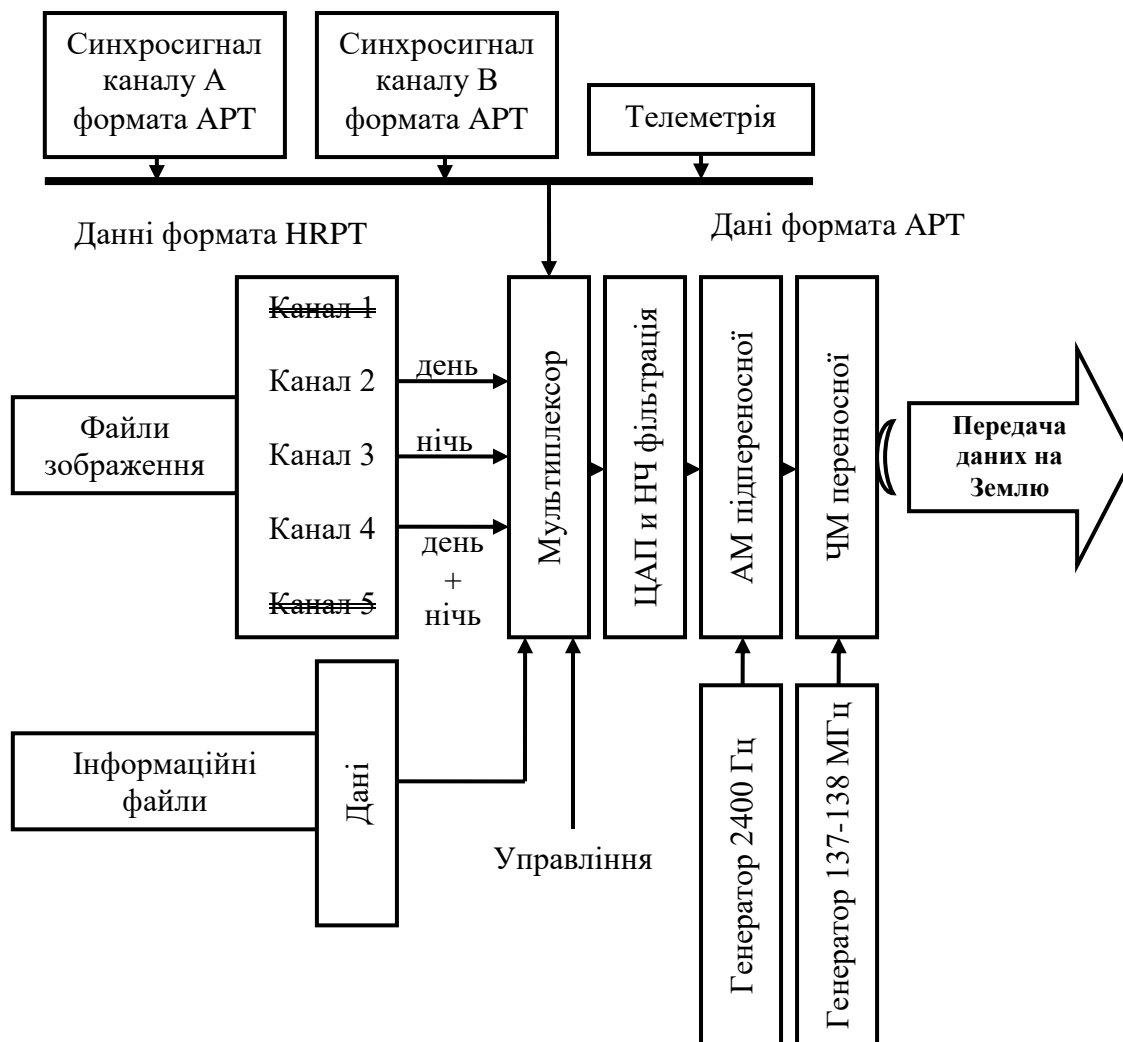


Рис. 1.1 – Перетворення даних сканера AVHRR супутника NOAA з формату HRPT у формат АРТ

З усіх 5-ти спектральних каналів вибрані для передачі у форматі АРТ два канали. Зазвичай канали 2 (VIS) і 4 (IR) передаються при прольоті супутника над денною стороною Землі, а канали 3 (mIR) і 4 (IR) при прольоті супутника над вечірньою і нічною сторонами Землі.

Передавані зображення каналів закруглені, тобто зменшені в роздільній здатності з 1,1 км/піксель до 4 км/піксель (рис. 1.2) і проведена лінеаризація даних уподовж скана так, щоб роздільна здатність була рівномірною.

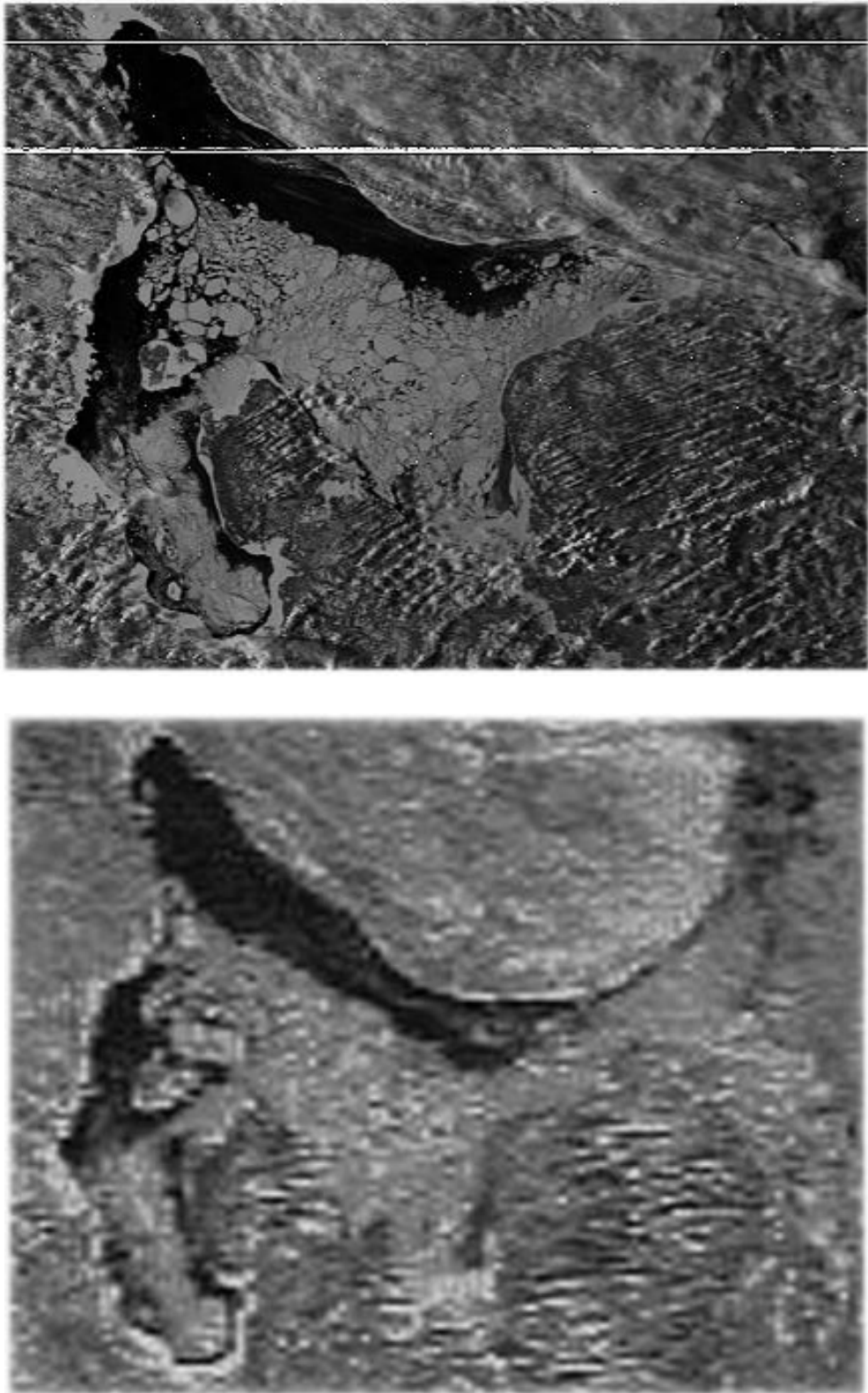


Рис. 1.2 – Знімок однієї і тієї ж ділянки земної поверхні з різною роздільною здатністю (вище – у форматі HRPT, нижче – у форматі ART)

Після цифрової обробки дані мультиплекуються з відповідними калібрувальними і телеметричними даними і передаються по черзі, в каналах А і В формату ART.

Потім процесор перетворить мультиплексовані дані в аналоговий сигнал за допомогою цифроаналогового перетворювача (ЦАП), проводить його низькочастотну (НЧ) фільтрацію і модулює по амплітуді (АМ) цим сигналом підпереносну частоту 2400 Гц з коефіцієнтом модуляції в межах від 10,6% (рівень темно-сірого) до 87,0% (рівень білого). Перед амплітудним модулятором для фільтрації використовується фільтр низької частоти Баттерворта-Томсона з частотою зрізу 2,4 кГц.

Потім, цими повністю сформованими даними формату АРТ, тобто модульованим по амплітуді тоном з частотою 2400 Гц, модулюють по частоті (ЧМ) переносну частоту передавача 137-138 МГц. Девіація частоти при цьому складає ± 17 кГц. Вихідна потужність передавача 5 Вт. Поляризація кругова правого обертання.

Дані формату АРТ мають таку структуру.

Зображення передається в двох напіврядках з різним змістом (рис. 1.3). Ці два напіврядки передають зображення різних спектральних областей. Кожна з них має власні синхронізуючі сигнали (рис. 1.4). Частота передачі – 120 рядків в хвилину, тобто два напіврядки кожну чверть секунди.

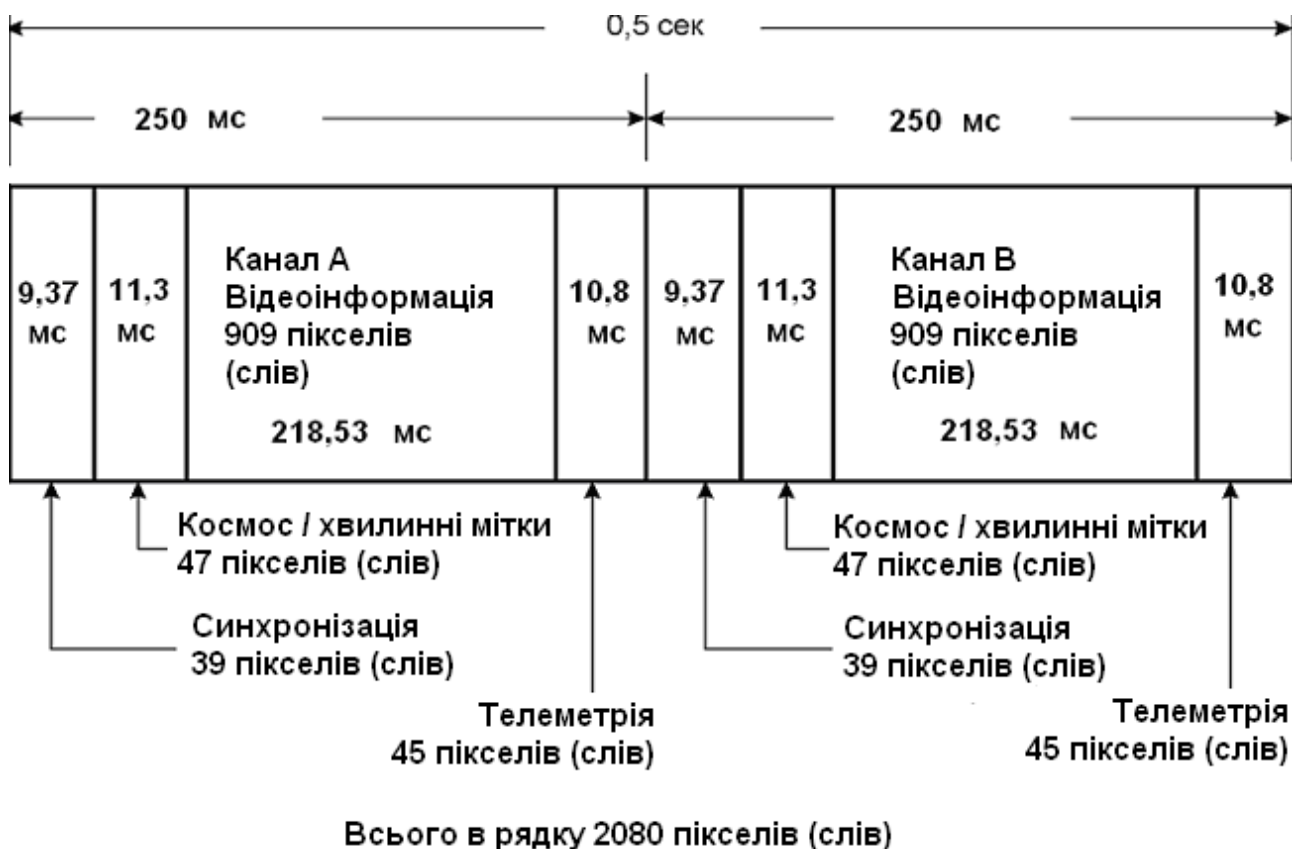


Рис. 1.3 – Структура рядка формату АРТ (одного скана)

До проведення цифро-аналогового перетворення сигналу на супутнику вміст одного пікселя передається одним 8-ми розрядним словом, після проведення амплітудної модуляції – відповідним цьому 8-ми розрядному слову

значенням електричної напруги.

У рядку всього 2080 пікселів (слів), які передаються протягом 0,5 секунди. Таким чином, швидкість передачі пікселів (слів) в рядку складає 4160 пікселів (слів) в секунду, а період передачі – $1/4160$ секунд.

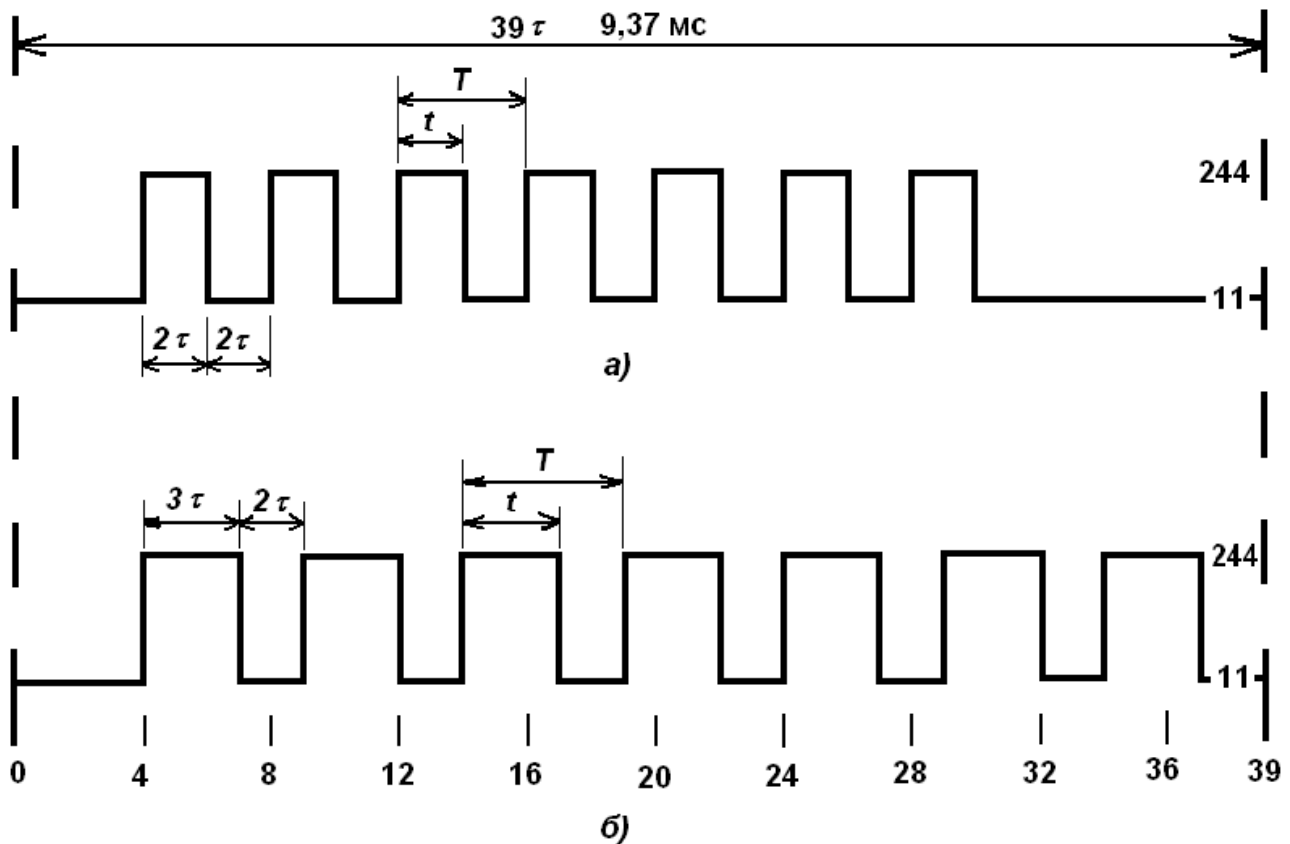


Рис. 1.4 – Структура синхросигналів каналів: а) – Канал А: 7 імпульсів зі шпаруватістю 2 і частотою 1040 Гц; б) – Канал В: 7 імпульсів зі шпаруватістю 1,67 і частотою 832 Гц ($q=T/t$ – шпаруватість; $\tau = 1/4160$ секунд; числові значення 11 – мінімального і 244 – максимального рівня синхросигналу після його аналого-цифрового перетворення)

Повний фрагмент даних (кадр) формату АРТ складається з 128 рядків (сканів) і триває 64 секунди, він має структуру, показану на (рис. 1.5), а вигляд декількох повних фрагментів даних формату АРТ (кадрів) наведений на (рис. 1.6.)

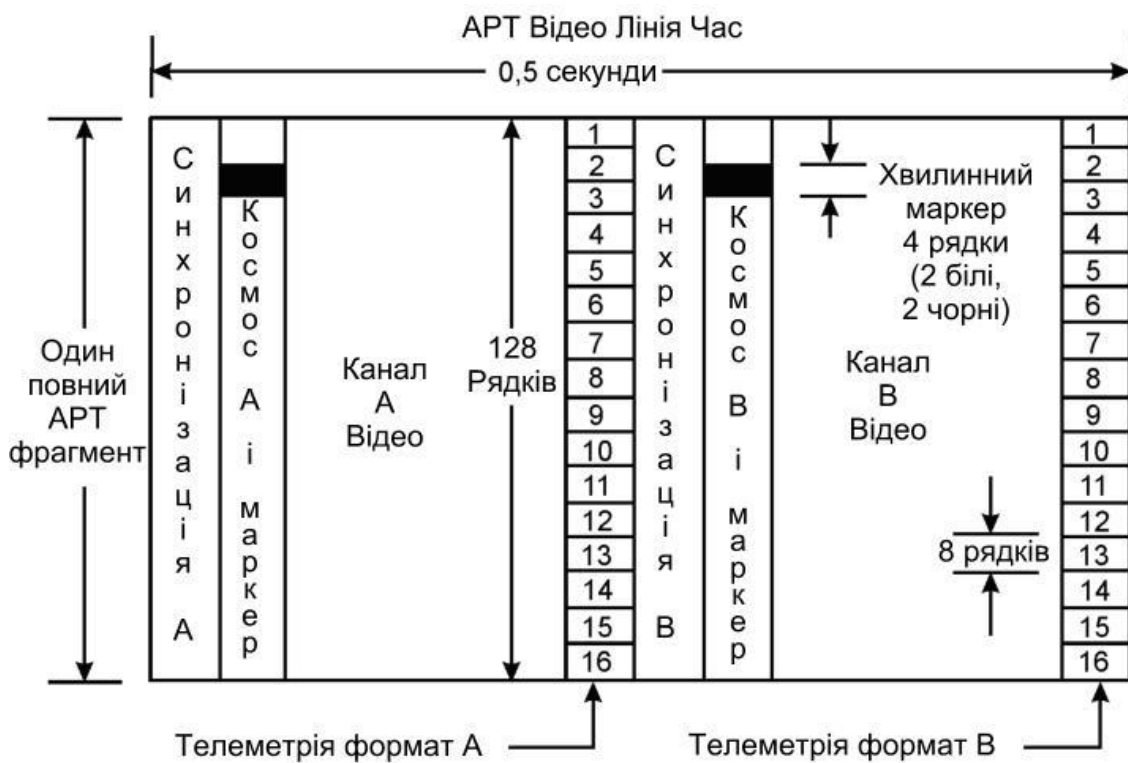


Рис. 1.5 – Структура повного фрагмента даних (кадру) формату АРТ

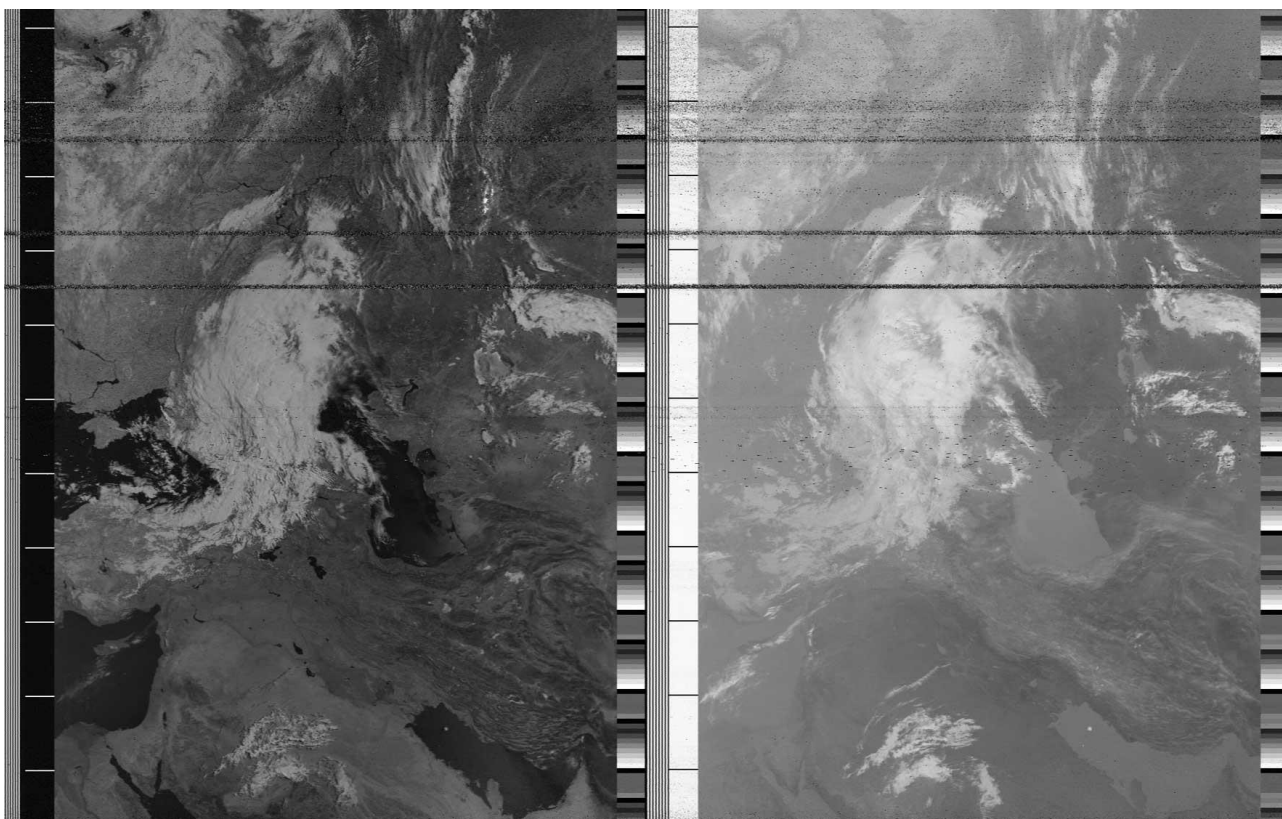


Рис. 1.6 – Зображення декількох повних фрагментів даних (кадрів) формату АРТ (знімок)

При прольоті супутника можуть бути прийняті до декількох десятків повних АРТ фрагментів (кадрів), які і утворюють згодом знімок (рис. 1.6).

Для наведеного зображення на (рис. 1.6) рух супутника був вдень з Півночі на Південь, відповідно рядки починаються з лівого боку. Канал А (ліва сторона) містить спектральний канал 2, а канал В (права сторона) містить спектральний канал 4.

Після синхронізації слідує мітка тривалістю 11,3 мс, яка являє собою радіацію вільного простору (космічні дані) для обраної спектральної області (рис. 1.7).

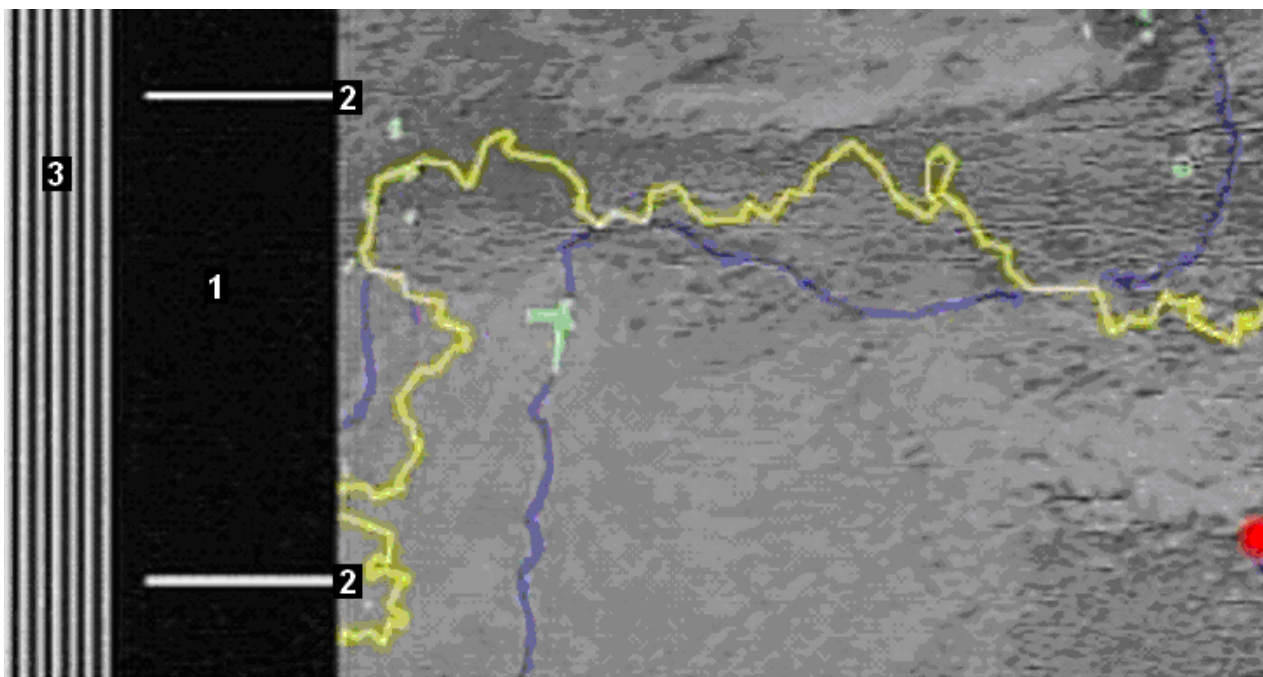


Рис. 1.7 – Мітки радіації вільного простору (1) з хвилинними маркерами (2), синхросигнал Каналу А (3)

Мітка буде темною для видимих каналів і яскравою для інфрачервоних каналів (рис. 1.6). Рівень сигналу цих даних дорівнює значенню, вимірюваному радіометром AVHRR при огляді глибокого космосу, і є експлуатаційним, оскільки оглядається глибокий космос в межах спектру частот каналу ІЧ. Для цілей температурного градування це значення є нульовим для кожного з теплових AVHRR каналів. Воно може використовуватися для того, щоб встановити одну з точок для температурної градувальної кривої каналів радіометра. Згенерований з цих міток стовпець уривається хвилинними маркерами завтовшки в два рядки.

На протилежній стороні зображення знаходиться телеметрія (рис. 1.8).

Телеметрична інформація використовується для отримання температури підстильної поверхні від теплових інфрачервоних зображень. Точність вимірювання температури за відсутності перешкод в сигналі досягає $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

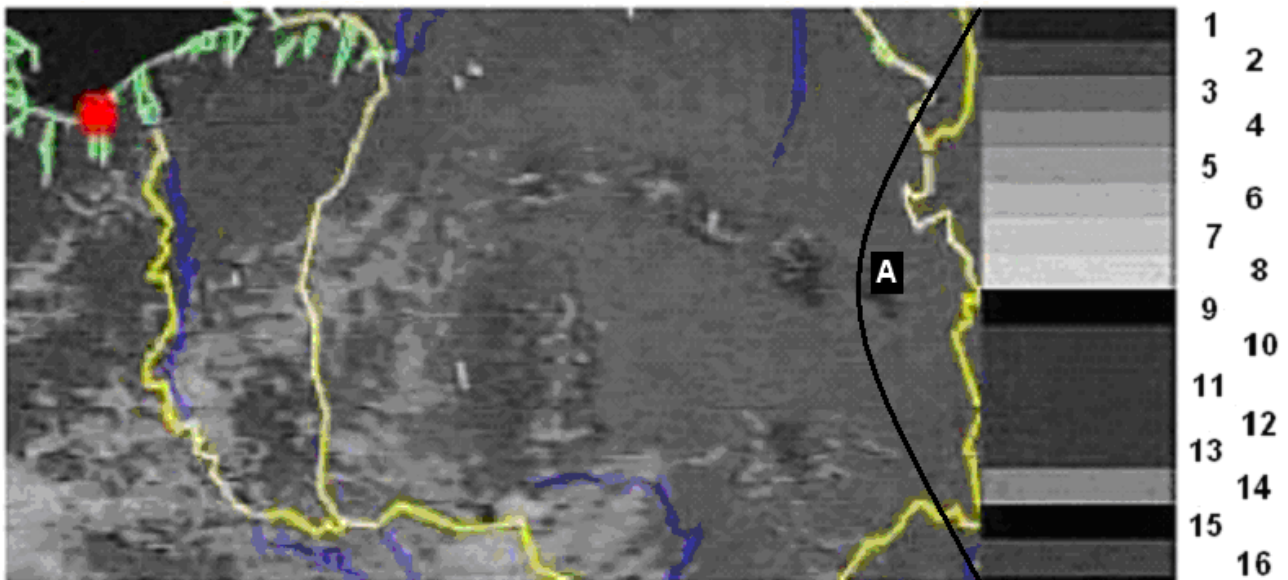


Рис. 1.8 – Клини телеметрії (А)

Один цикл телеметрії містить 16 індивідуальних клинів телеметрії, кожен з яких складений з восьми послідовних рядків (рис. 1.8, 1.9). Ці цикли безперервно повторюються упродовж супутникової орбіти, так що протягом одного супутникового проходу для приймальних наземних станцій доступна велика кількість повних циклів телеметрії. Тривалість одного повного циклу телеметрії така ж, як і одного повного фрагмента даних формату АРТ – 64 секунди. Необхідно відмітити, що перші 14 клинів ідентичні в обох зображеннях формату АРТ і тільки клини 15 і 16 будуть відмінні в каналах А і В.

Інформація, вказана на (рис. 1.9), означає наступне:

- коефіцієнт модуляції (КМ) 10,6 % (висока температура);
- коефіцієнт модуляції 21,5 %;
- коефіцієнт модуляції 32,4 %;
- коефіцієнт модуляції 43,4 %;
- коефіцієнт модуляції 54,2 %;
- коефіцієнт модуляції 65,2 %;
- коефіцієнт модуляції 76,0 %;
- коефіцієнт модуляції 87,0 % (низька температура);
- коефіцієнт модуляції 0 % (нульова посилка, найнижча амплітуда);
- температурний датчик 1;
- температурний датчик 2;
- температурний датчик 3;
- температурний датчик 4;
- температура "коректора" 4;
- зворотне сканування;
- клин ідентифікації каналу (1-5 канал AVHRR).

	АРТ аналогова напруга	Цифрове значення	
1	0,757 В КМ-10,6%	31	
2	1,538 В КМ-21,5%	63	
3	2,319 В КМ-32,4%	95	
4	3,101 В КМ-43,4%	127	
5	3,881 В КМ-54,2%	159	
6	4,663 В КМ-65,2%	191	
7	5,444 В КМ-76,0%	223	
8	6,225 В КМ-87,0%	255	
9	Нульова модуляція	0	
10	Теплові температури PRT#1		
11	Теплові температури PRT#2		
12	Теплові температури PRT#3		
13	Теплові температури PRT#4		
14	Температура коректора		
15	Сканування назад		
16	Ідентифікація каналу		

Рис. 1.9 – Цикл телеметрії (16 клинів) у форматі АРТ (КМ – коефіцієнт модуляції, PRT – температури датчиків на радіаторі абсолютно чорного тіла)

Таким чином, в першій половині циклу телеметрії (8 клинів) картинка складається з восьми градацій яскравості. Кожному рівню яскравості відповідає певна температура. Чим яскравіше ділянка, тим вона холодніша (хмари, сніг, льод і так далі).

Клини 1-8.

Перші вісім клинів в межах одного циклу телеметрії одержуються шляхом модуляції частоти 2400 Гц з вказаним вище коефіцієнтом модуляції.

Модульований клин (рис. 1.9) є "цифровим значенням" зображення. А аналоговий сигнал, отриманий на наземній станції, показує це "цифрове значення" як коефіцієнт модуляції (КМ) і в аналоговій області існуватиме як рівень напруги для кожного клину.

Наземна станція, в якій використовується чорно-біла система відображення, бачитиме ці вісім клинів як фотограмметричну шкалу яскравості

від темного півтону до практично білого (КМ від 10,6 % до 87,0 %).

Графік на (рис. 1.10) показує відношення між рівнями сірого і первинними 8-розрядними даними AVHRR.

За допомогою цієї лінійної залежності і формується стандартний АРТ вихідний сигнал, з яким можуть бути порівняні усі ці телеметрії в інших клинах.

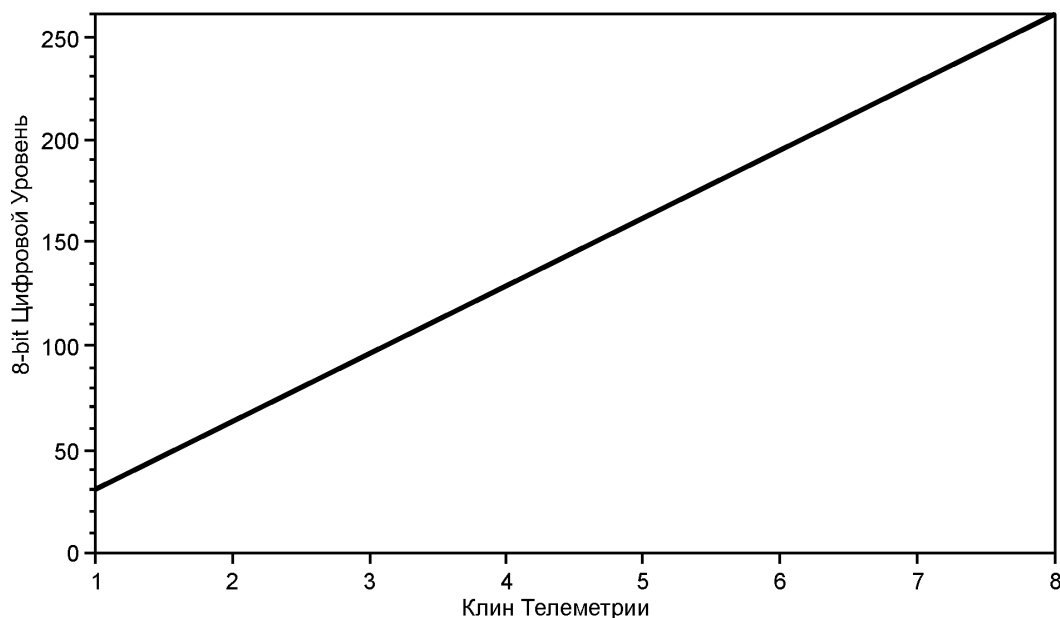


Рис. 1.10 – Аналого-цифрові співвідношення клину телеметрії

Клин 9. Нульова Модуляція.

Нульовий модуляційний клин не містить ніякої сигнальної модуляції і є основною сигнальною послідовністю рівня. У чорно-білій системі відображення цей клин здаватиметься чорним і матиме рівень напруги рівний 0 і відповідне 8-розрядне значення рівне 0.

Клин 10-13. Теплові температури 1-4.

На супутнику знаходиться нагрітий приблизно до 20°C радіатор абсолютно чорного тіла для того, щоб використовувати це теплове випромінювання абсолютно чорного тіла саме при цій температурі як опорне значення. На цьому радіаторі встановлено чотири платинові термометри опору. З виходу кожного термометра інформація поступає в цифровому вигляді і використовується для модуляції клинів 10-13. Температура цього нагрітого радіатора може трохи змінюватися через різницю температур на супутнику. Найкраща оцінка температури абсолютно чорного тіла виходить шляхом оцінки середнього значення даних, які містяться в клинах 10-13.

Клин 14. Температура коректора.

Температура коректора – виміряне значення температури частини супутника, на якій встановлені деякі детектори сканера AVHRR і яка пасивно охолоджена до температури приблизно 105К. Ця температура калібрувальна і не використовується безпосередньо в процесі градування апаратури.

Клин 15. Сканування назад.

Зворотнє сканування – це набуває значення телеметрії, коли прилад AVHRR фіксує випромінювання від радіатора абсолютно чорного тіла. Це значення з невеликими варіаціями в температурі абсолютно чорного тіла змінюється з кожним ПЧ тепловим каналом (AVHRR канали 3, 4, 5).

Клин 16. Ідентифікація каналу.

Клин ідентифікації каналу містить інформацію для визначення того, який з 5 каналів радіометра AVHRR використовується для отримання даних.

В узагальненому вигляді дані формату приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Узагальнені дані формату ART

Параметр	Значення параметра
Кадр (один повний фрагмент даних) кадрова частота кількість рядків формат	1 кадр в 64 секунди 128 рис. 1.5
Рядок (скан) частота рядків кількість слів в рядку кількість каналів кількість слів одного каналу формат	2 рядки в секунду 2080 2 909 рис. 1.3
Слово (пиксель – для аналогової частини) частота ЦАП-АЦП точність темп передачі роздільна здатність рядкова синхронізація	4160 слів в секунду 8 старших розрядів з 10 точність AVHRR 120 рядків в хвилину 4 × 4 км 7 імпульсів з частотою 1040 Гц зі шпаруватістю 2 для каналу А, 7 імпульсів з частотою 832 Гц зі шпаруватістю 1,67 для каналу В

На виході приймача, після частотного детектування і при вступі на звукову карту, цей сигнал є модульованим по амплітуді тоном з частотою 2400 Гц. Зберігається він в ЕОМ у вигляді файлу з розширенням *.wav. Частота дискретизації для нього дорівнює 11025 Гц, що відповідає вимогам теореми Котельникова, тобто частота дискретизації в 2 і більше разів повинна перевищувати максимальну частоту спектру сигналу, який дискретизується, – 4160 Гц. Для зберігання кожного з слів, які включають службову інформацію і значення амплітуди відліків, виділяється 2 байти, що забезпечує динамічний діапазон сигналу по амплітуді рівний 96 дБ. Повний прийнятий сигнал з супутника з розширенням *.wav може включати до $(10...12) \cdot 10^6$ відліків. Залежно від масштабу відображення вигляд одного і того ж сигналу, що

поступає на звукову карту ЕОМ, представлений на (рис. 1.11).

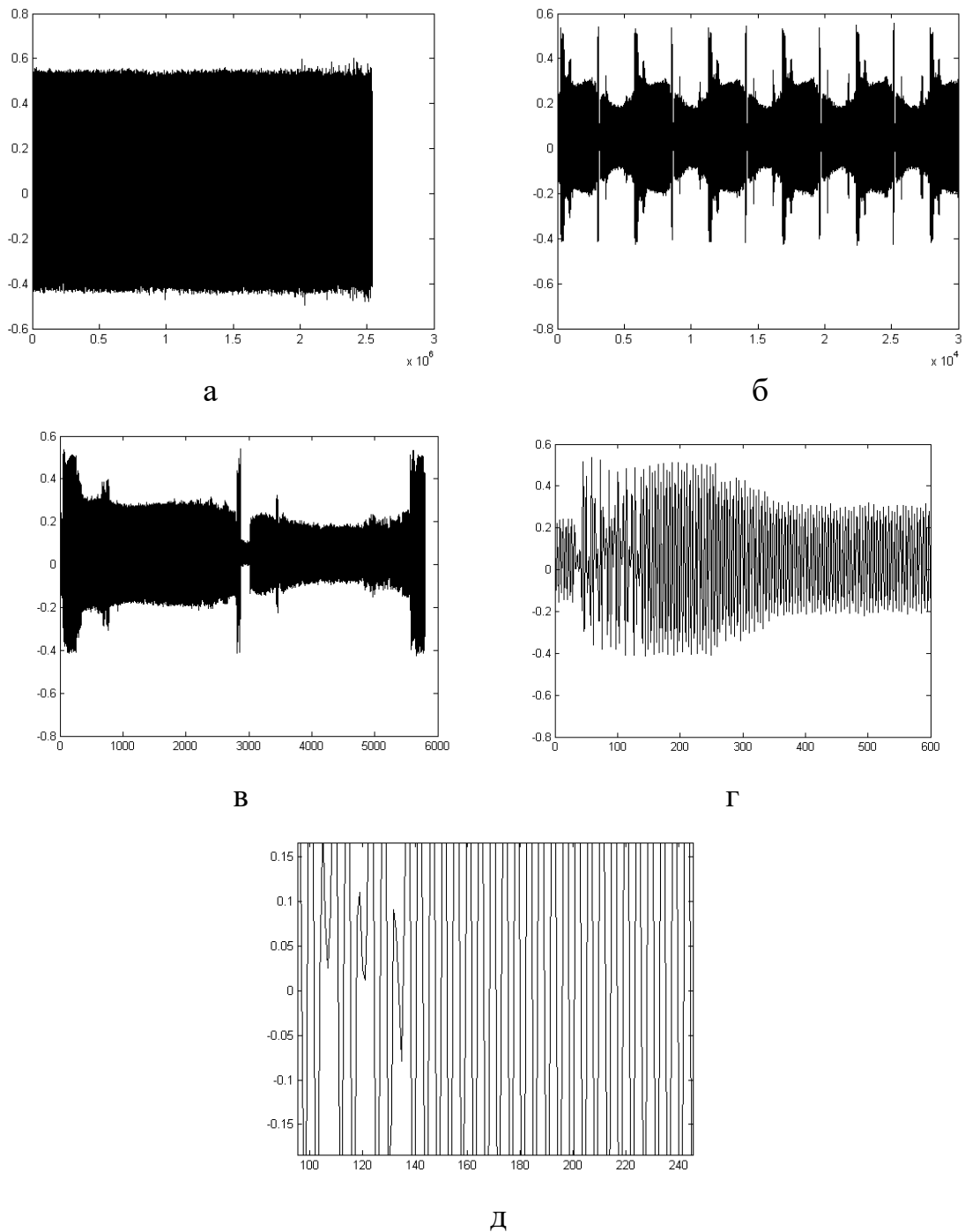


Рис. 1.11 – Вид приймача одного і того ж супутникового сигналу, що поступає в ЕОМ з виходу, в різних масштабах відображення:
а – повний прийнятий звуковий файл ($\approx 2,5$ млн. відліків), б – п'ять повних сканів в звуковому файлі, в – один повний скан в звуковому файлі
г – фрагмент звукового файлу, синхросигнал, що містить, космічні дані і початок зображення, д – великомасштабне відображення фрагмента звукового файлу (імпульси підпереносної частоти 2400 Гц)

На Землі інформація приймається за допомогою нескладного радіоприймача з частотним детектором і з простою всенаправленою антеною (рис. 1.12, 1.13, 1.14).



Рис. 1.12 – Зовнішній вигляд приймача супутникового сигналу формату АРТ



Рис. 1.13 – Склад наземного устаткування для прийому супутникового сигналу формату АРТ (існує комплектація без блоку управління антеною)



Рис. 1.14 – Зовнішній вигляд антен для прийому супутникового сигналу формату АРТ (ліворуч – квадрофілярна, праворуч – вібраторна)

1.2.3 Формування зображення з супутникових даних формату АРТ

Узагальнений алгоритм формування зображення з супутникового сигналу формату АРТ можна представити таким чином (рис. 1.15).

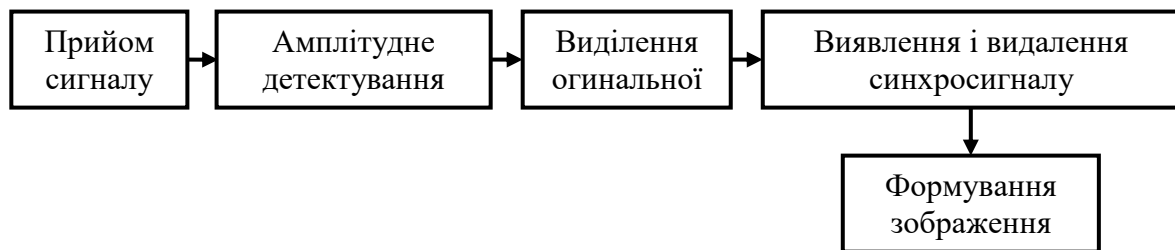


Рис. 1.15 – Узагальнений алгоритм формування зображення

Представлений алгоритм вимагає уточнення і деталізації на усіх своїх етапах.

Прийом сигналу полягає власне в радіоприйомі супутникового сигналу, його частотній демодуляції, перетворенні прийнятого сигналу в цифрову форму. Ці операції виконуються в радіоприймачі і в звуковій "карті" ЕОМ.

Амплітудне детектування потрібно двохнапівперіодне, щоб не втратити половину відліків сигналу.

Виділення оригінальної прийнятого сигналу здійснюється методом низькочастотної Фур'є-фільтрації.

Виявлення синхросигналу в прийнятому сигналі можна виконати по-різному: за допомогою Фур'є-фільтру, кореляційним методом, методами вейвлет-аналізу, за допомогою штучних нейронних мереж; а виділення синхросигналів виконується шляхом формування списку їх індексів в масиві прийнятого сигналу, виявлення першого стійкого синхросигналу (захоплення синхронізації) і знаходження збійних синхроімпульсів.

Формування зображення полягає в прив'язці першого елементу кожного рядка розгортки зображення до відповідного синхроімпульса, в розгортці вмісту сканів вздовж рядків формованого зображення і в заміні збійних сканів вмістом попередніх не збійних сканів. Для приведення зображення до істинного масштабу при скануванні на супутнику утворюється передискретизація отриманого зображення.

Остаточний варіант алгоритму формування зображення, з урахуванням приведених вище міркувань, представлений на (рис. 1.16) (при цьому виявлення синхросигналу утворюється кореляційним способом).

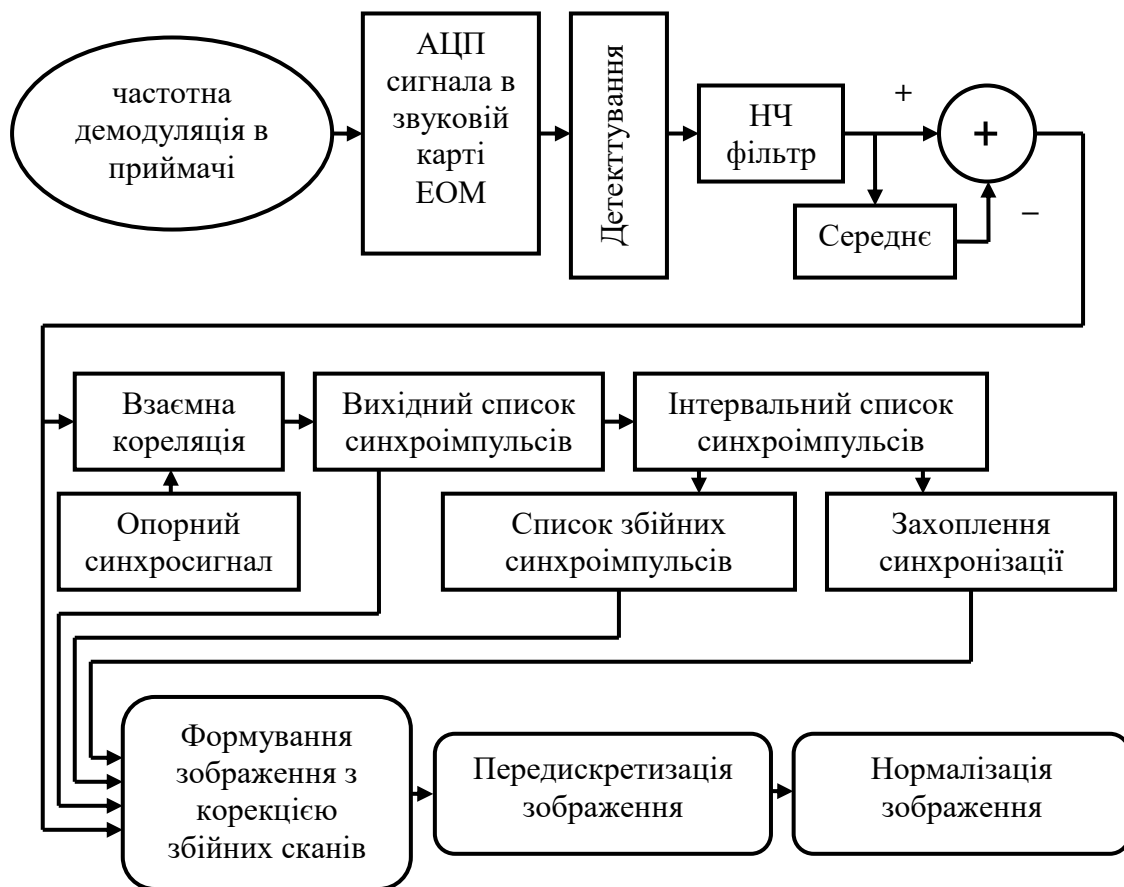


Рис. 1.16 – Алгоритм формування зображення з супутникових даних ART формату

1.3 Фільтрація і фільтри

Поняття фільтрації як процесу і пристрою, який виконує її, походить від латинського *filtrum* "войлок; цедилка з войлока". Значень це поняття має множинну:

- пристрій, пристосування або прилад, які служать для очищення рідини, газу і тому подібне від непотрібних домішок;
- пристрій, який пропускає або затримує електричні струми, електромагнітні або звукові хвилі певних частот;
- місце або приміщення для перевірки, відбору кого-небудь з різними цілями;
- мінімальна зміна вартості цінного паперу, яке спричинить її купівлю або продаж;
- математична функція, призначена для перетворення або аналізу сигналу, ряду даних, поняття з теорії решіток і загальної топології (певна підмножина решіток);
- комп'ютерний алгоритм для обробки фотографічних зображень, відеофайлів;
- інше.

У нашому випадку, для лабораторної роботи, під фільтрацією розуміємо виділення одного, характерного, сигналу з загального потоку інших сигналів, які мають інші характеристики. Цей характерний сигнал є сигналом, що синхронізує розгортку зображення, який отримується супутниковим сканером. Його наявність в потоці даних формату АРТ говорить про те, що почався новий рядок зображення, тому важливо точно визначити положення цього сигналу в потоці даних, щоб уникнути зсуву один відносно другого рядків отриманого зображення сканера.

2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

"Дослідження процесу фільтрації синхронізуючих сигналів в супутникових даних за допомогою штучних нейронних мереж"

2.1 Мета лабораторної роботи

Вивчення супутникових даних. Вивчення підходів до виділення синхронізуючого сигналу з супутникових даних. Придбання практичних навичок побудови і застосування фільтрів з різним принципом дії, у тому числі і побудованих на штучних нейронних мережах, для вирішення завдання фільтрації синхронізуючих сигналів в супутникових даних.

2.2 Технічне забезпечення лабораторної роботи

- 1) персональний комп'ютер
- 2) програмне забезпечення – система комп'ютерної математики.

2.3 Хід виконання лабораторної роботи

Час, що відводиться на проведення лабораторної роботи в комп'ютерному класі, – 6 годин, на самостійну роботу з підготовки до проведення лабораторної роботи і до захисту звіту – 6 годин.

Напередодні лабораторної роботи:

- 1) вивчити завдання і порядок виконання лабораторної роботи;
- 2) вивчити теоретичні відомості по лабораторній роботі.

Під час лабораторної роботи:

- 1) отримати допуск до проведення лабораторної роботи, відповівши на питання викладача по теоретичній частині досліджень при проведенні лабораторної роботи;
- 2) написати програмний код по кожному пункту завдання і проаналізувати результати, отримані при виконанні програмних кодів;
- 3) зробити висновки по лабораторній роботі.

Після лабораторної роботи:

- 1) підготувати звіт про лабораторну роботу відповідно до наведених в цьому методичному посібнику вимог;
- 2) захистити звіт перед викладачем, відповівши на його питання щодо

практичного проведення досліджень при виконанні лабораторної роботи.

2.4 Завдання на лабораторну роботу і порядок її виконання

Постановка завдання фільтрації синхронізуючого сигналу в супутникових даних формату АРТ.

Порядок формування зображення поверхні Землі з супутникових даних формату АРТ приведений на (рис. 1.16). У пристрої, зображеному на цьому рисунку, виявлення синхросигналу реалізоване з застосуванням кореляційного методу. Слід застосувати штучну нейронну мережу для виявлення синхросигналу і порівняти якість його виявлення з іншими методами виявлення (кореляційним, Фур'є-фільтрації, вейвлет-аналізу).

Рішення задачі фільтрації синхронізуючого сигналу в супутникових даних формату АРТ із застосуванням штучної нейронної мережі.

Вирішувати поставлену задачу будемо відповідно до алгоритму, приведеного на (рис. 1.16).

Супутниковий знімок отриманий і збережений як звуковий файл 05230318.wav. На його основі створимо в СКМ числовий масив і частково його відобразимо:

```
[s, fs, bits]=wavread('05230318.wav');  
figure; plot(s'(1+1e5:30000+1e5), - k');
```

Атрибутиви поверненого масиву тут наступні: s – масив, fs – частота дискретизації (у нашому випадку 11025 Гц), bits – кількість розрядів, що виділяються для кодування амплітуди (у нашому випадку 16 біт). Відображуватися для зручності сприйняття будуть 5-6 сканів.

Результат представлений на (рис. 2.1).

Таким чином, два блоки алгоритму вважаємо виконаними. Це частотна демодуляція в приймачі і аналого-цифрове перетворення сигналу в звуковому процесорі ЕОМ.

Здійснимо двохнапівперіодне детектування сигналу. Математично цей радіотехнічний процес є функцією знаходження модуля чисел, що утворюють масив сигналу:

```
detsig=abs(s);
```

На (рис. 2.2) відобразимо результат детектування:

```
figure; plot(detsig'(1+1e5:30000+1e5), - k');
```

Видно, що сигнал продетектований. Проте він являє собою однополярні імпульси. Це ще високочастотний сигнал. Правила радіотехнічної обробки вимагають проведення низькочастотної фільтрації або т.з. процедури виділення ринальної прийнятого сигналу.

Проведемо цю операцію з застосуванням низькочастотного фільтру з частотою зрізу, рівній частоті слідування імпульсів синхронізації каналу А, тобто 1040 Гц. СКМ надає широкі можливості по Фур'є-фільтрації. Виберемо фільтр Баттерворта. Здійснимо створення вказаного фільтру і застосуємо його для фільтрації сигналу:

```
[B, A]=butter(9,0.18866214);
```

y=filter(B, A, detsig);

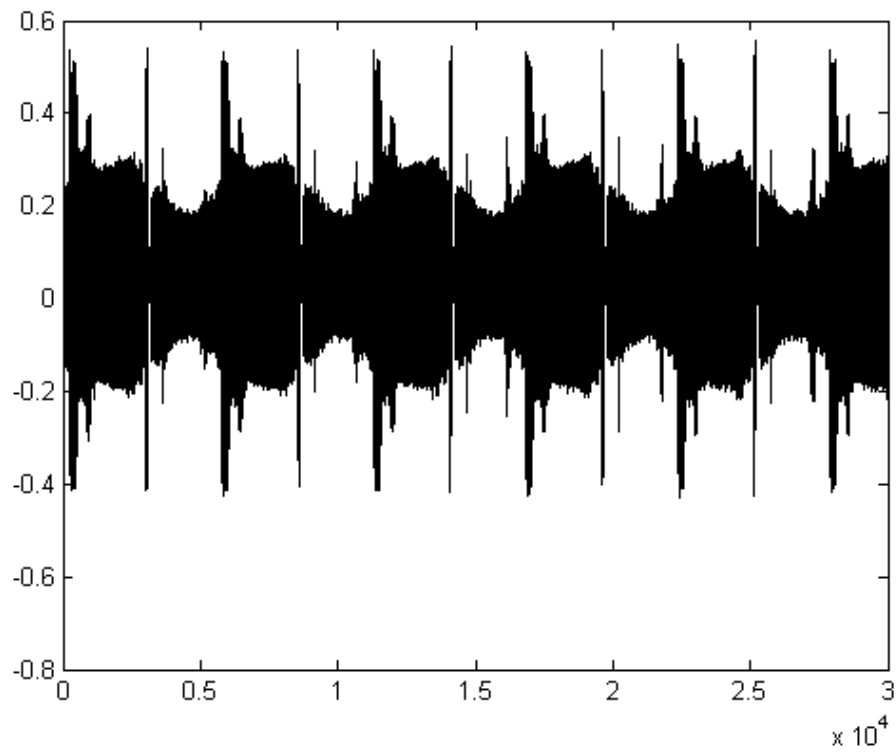


Рис. 2.1 – Частина масиву, отримана за рахунок перетворення звукового файлу

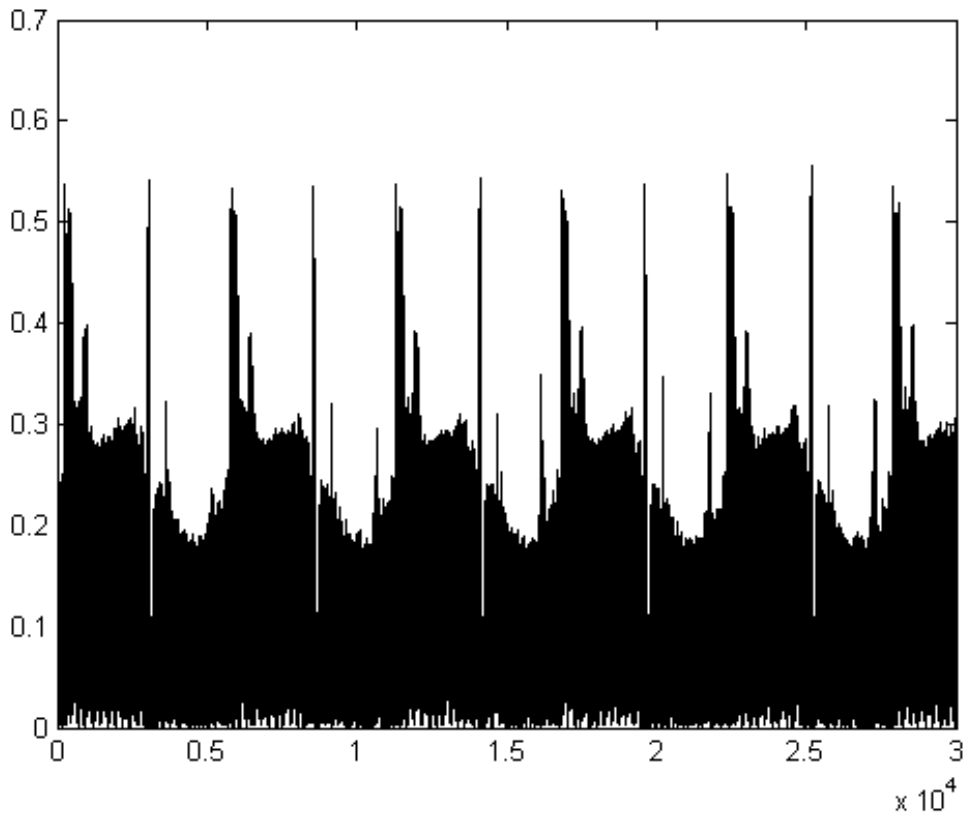


Рис. 2.2 – Результат детектування сигналу

Повернені атрибутиви при створенні фільтру – це відповідно його чисельник і знаменник при представленні передавальної функції фільтру у вигляді дроби. Фільтр 9 порядку, 0.18866214 – відповідає частоті зрізу фільтру з розрахунку: 1 – це половина частоти дискретизації (f_s) яка в нашому випадку дорівнює 11025 Гц, а 0.18866214 – відповідає частоті зрізу: $0.18866214 \cdot 11025 / 2 = 1040$ Гц, що дорівнює частоті слідування імпульсів синхронізації каналу А.

Відповідно до алгоритму далі вимагається провести віднімання середнього значення або, виражаючись радіотехнічними термінами, прибрати постійну складову сигналу:

out=y - mean(y);

після чого можна відобразити результат проведеної обробки:

figure; plot(out'(1+1e5:30000+1e5), - 'k');

Результат виділення оригінальної приведений (рис. 2.3).

На (рис. 2.3) добре видно, що виділена оригінальна сигналу і сигнал є низькочастотним процесом без постійної складової.

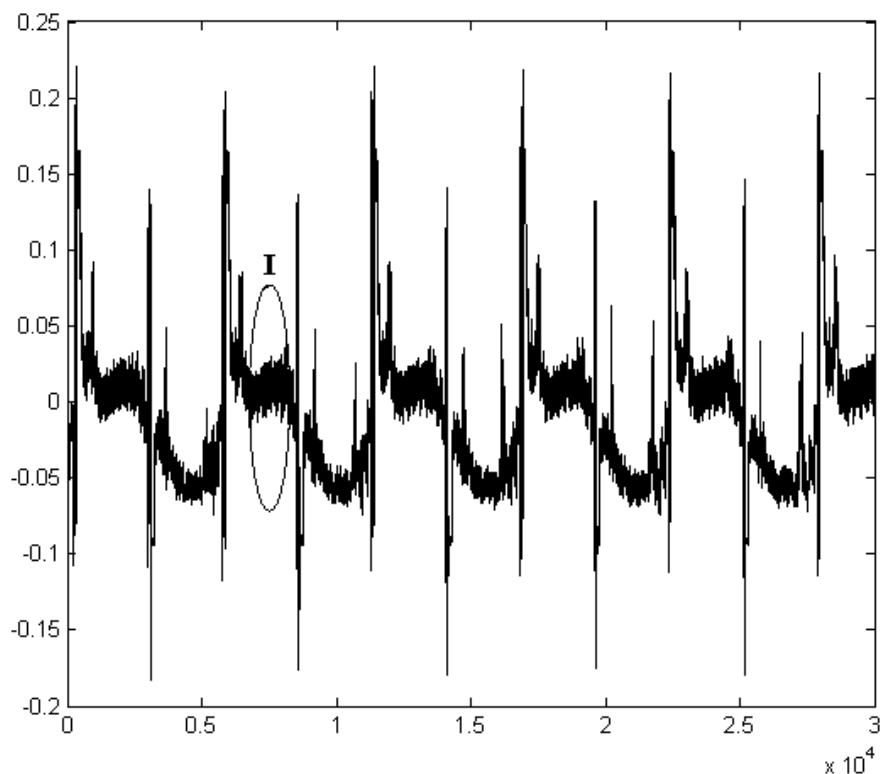


Рис. 2.3 – Результат виділення оригінальної сигналу

Відповідно до алгоритму далі треба вирішити поставлене завдання – виявити синхронізуючі імпульси з застосуванням штучної нейронної мережі.

Для того щоб визначитися з видом мережі потрібно для виявлення синхросигналу розглянемо детальніше виділену як **I** область оригінальної сигналу на (рис. 2.3).

Ця ділянка крупно зображена на (рис. 2.4). На ньому добре видно коливальний характер сигналу. Частота коливань не перевищує 1040 Гц

(частота зрізу низькочастотного фільтру). Коливання промодульовані по амплітуді значеннями альbedo підстильної поверхні у видимому діапазоні хвиль (Канал А) або значеннями радіояскравісної температури підстильної поверхні (Канал В). Таким чином, оригінальний сигнал буде при навчанні нейронної мережі шумовою компонентою, оскільки значення альbedo і радіояскравісної температури змінюються випадковим чином. Тому мережа при навчанні слабо реагуватиме на шум, і добре навчиться коливанням через їх регулярність.

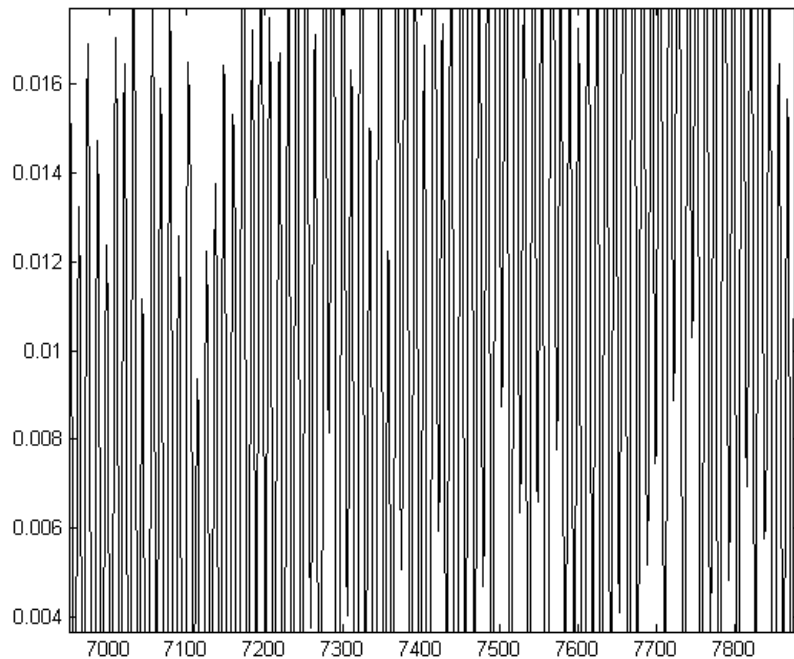


Рис. 2.4 – Збільшене зображення області I (рис. 2.3)

Найбільш регулярними коливаннями в усьому прийнятому сигналі є синхросигнали. Через це навчати мережу треба на синхросигналі.

Значить мережа має бути такою, яка при навчанні забезпечує найменшу помилку. Але як би добре не була навчена мережа, при різкій зміні вхідних даних помилка зростатиме, оскільки навчання мережі проводилося на регулярних даних. Це нам і буде потрібно надалі.

З аналізу розглянутих умов роботи мережі можна зробити наступний висновок: найбільш раціональним представляється застосування радіальної базисної мережі, яка має найменшу помилку апроксимації, причому помилка може досягати 0.

Структурна схема виявника при використанні цього типу мережі може мати вигляд, приведений на (рис. 2.5). Він створений на основі (рис. 1.16).

Алгоритм виявлення синхросигналу в цьому випадку може бути наступним:

- мережа навчається на синхросигналі;
- після навчання мережа перемикається в режим роботи;

- сигнал паралельно подається на вхід мережі і на вхід пристрою віднімання;
- на виході пристрою віднімання в місцях різкого переходу від власне сигналу зображення до синхросигналу, і навпаки, з'явиться імпульс помилки;
- після порогової обробки і посилення імпульсів помилки один з цих імпульсів стає імпульсом синхронізації і використовується в подальшій обробці;
- завдання вирішене.

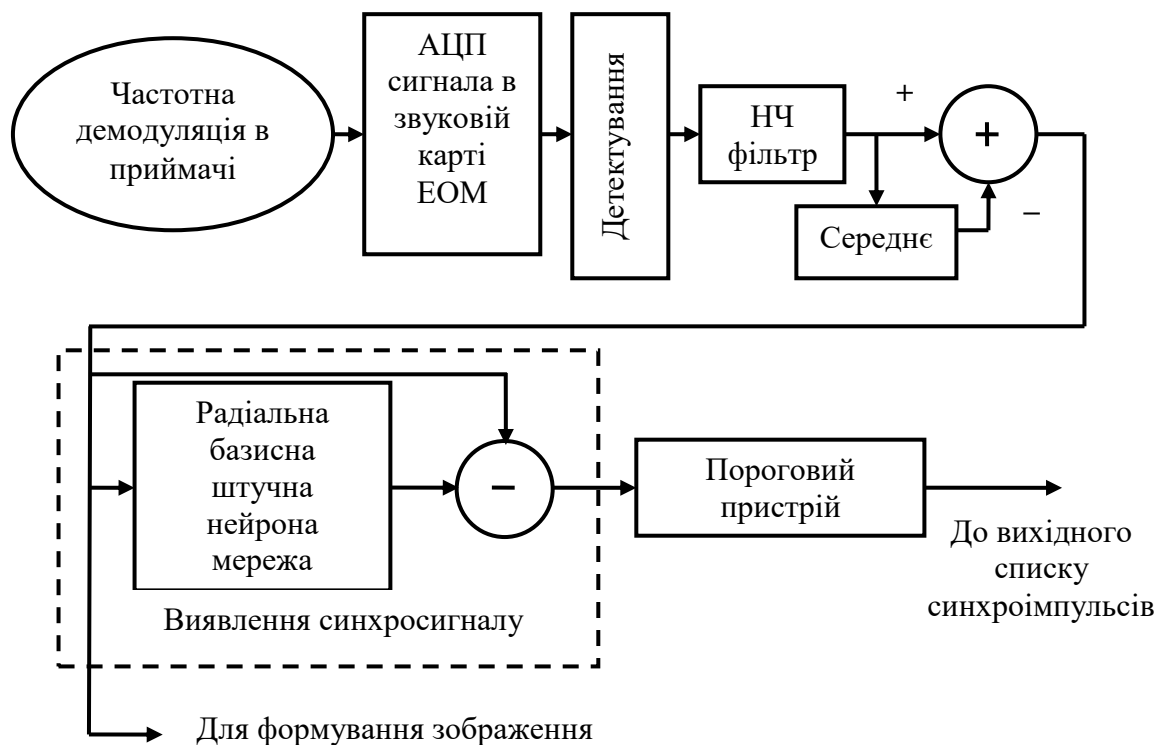


Рис. 2.5 – Місце виявника синхросигналу на основі радіальної базисної мережі в алгоритмі формування зображення з супутникових даних АРТ формату

Раніше згадувалося, що створення штучної нейронної мережі під певні вимоги має на увазі рішення ряду часткових завдань. Це збір даних для навчання, підготовка і нормалізація даних, вибір топології мережі, експериментальний підбір характеристик мережі, експериментальний підбір параметрів навчання, власне навчання, перевірка адекватності навчання, коригування параметрів, остаточне навчання, вербалізація мережі з метою подальшого використання.

Для вирішення поставленого завдання збирати і готувати дані не потрібно. Вихід приймального пристрою є джерелом даних.

Радіальні базисні штучні нейронні мережі складаються з більшої кількості нейронів, чим мережі прямого поширення з навчанням методом

зворотного поширення помилки, але на їх створення вимагається значно менше часу. Ці мережі особливо ефективні при апроксимації даних, коли доступна велика кількість навчальних векторів.

Створення мережі.

Для створення радіальних мереж загального вигляду призначені функції newrbe і newrb.

Для роботи з мережею використовуються наступні функції: sim – моделювання, Using networks – робота з мережею, функція відстані і зважування – dist – відстань Евкліда, функції зважування – Weight functions, скалярний добуток – dotprod, нормований скалярний добуток – normprod, функції накопичення – Net input functions, добуток зважених входів – netprod, сума зважених входів – netsum, функції активації – Transfer functions, конкуруюча функція активації – compet, функція активації з обмеженнями – purelin, радіальна базисна функція активації – radbas, функції оцінки якості мережі – Performance, середньоквадратична погрішність – mse, перетворення даних – Signals, перетворення індексного вектору в матрицю зв'язності і навпаки – ind2vec, vec2ind.

Вибір архітектури мережі.

На (рис. 2.6) показаний радіальний базисний нейрон з \mathbf{R} входами.

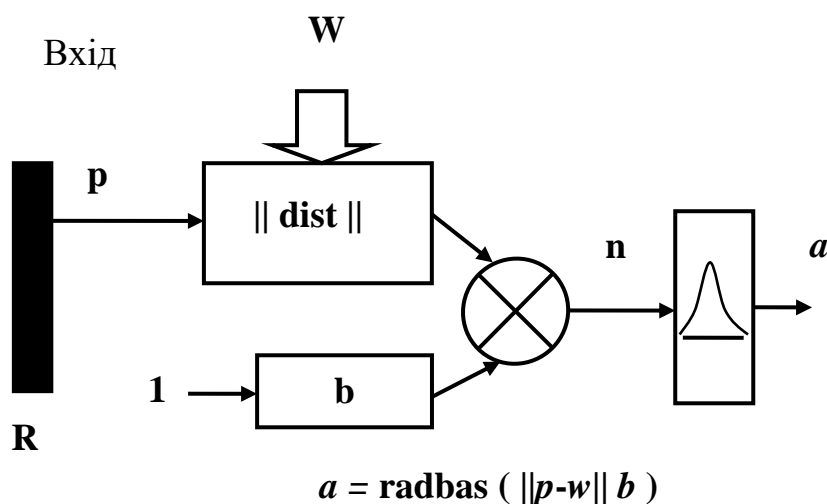


Рис. 2.6 – Архітектура радіального базисного нейрона

Функція активації для радіального базисного нейрона має вигляд, представлений на (рис. 2.7), а математично виражається таким чином:

$$\text{radbas}(n) = e^{-n^2}$$

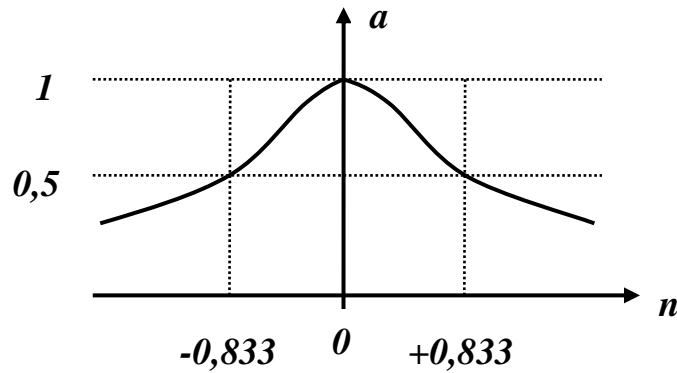


Рис. 2.7 – Вигляд функції активації радіального базисного нейрона

Вхід функції активації визначається як модуль різниці вектору вагів \mathbf{w} і вектору входу \mathbf{p} , помножений на зміщення \mathbf{b} .

Ця функція має максимум, рівний 1, коли вхід дорівнює 0. Коли відстань між векторами \mathbf{w} і \mathbf{p} зменшується, вихід радіальної базисної функції збільшується. Таким чином, радіальний базисний нейрон діє як індикатор, який формує значення 1, коли вхід \mathbf{p} ідентичний вектору вагів \mathbf{w} . Зміщення \mathbf{b} дозволяє коригувати чутливість нейрона. Наприклад, якщо нейрон мав зміщення 0,1, то його виходом буде 0,5 для будь-якого вектору входу \mathbf{p} і вектору ваги \mathbf{w} при відстані між векторами, яка дорівнює 8,333 або 0,833/8.

Радіальна базисна мережа складається з двох шарів: прихованого радіального базисного шару, що має S^1 нейронів, і вихідного лінійного шару, що має S^2 нейронів (рис. 2.8).

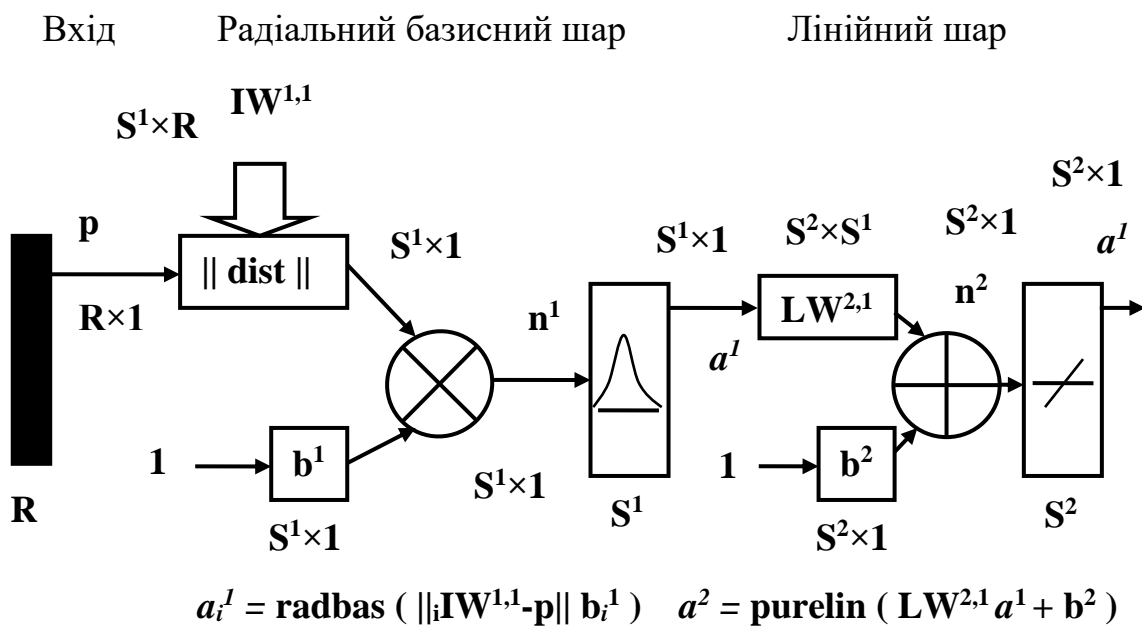


Рис. 2.8 – Архітектура радіальної базисної мережі

Входами блоку `||dist||` на цьому рисунку є вектор входу \mathbf{p} і матриця вагів $\mathbf{IW}^{1,1}$, а виходом – вектор, що складається з S^1 елементів, які визначаються відстанями між i -м вектором входу \mathbf{p} і i -м вектор-рядком $i\mathbf{W}^{1,1}$ матриці вагів. Такий вектор-рядок називають вектором вагів i -го нейрона. Вихід блоку `||dist||` множиться поелементно на вектор зміщення \mathbf{b}^1 і формує вхід функції активації.

Вихідний лінійний шар нагадує перцептрон, але з лінійною функцією активації.

Мережа працює таким чином. При завданні вектору входу \mathbf{p} кожен нейрон радіального базисного шару видасть значення відповідно до того, як близький вектор входу до вектору вагів кожного нейрона. Таким чином, радіальні базисні нейрони з векторами вагів, що значно відрізняються від вектору входу \mathbf{p} , матимуть виходи, близькі до 0, і їх вплив на виходи лінійних нейронів буде незначний. Навпаки, радіальний базисний нейрон з вектором вагів, близьким до вектору входу \mathbf{p} , видасть значення, близьке до 1, і це значення буде передано на лінійний нейрон з вагою, відповідною вихідному шару. Таким чином, якщо тільки i -й радіальний базисний нейрон має вихід 1, а усі інші мають виходи, рівні або дуже близькі до 0, то вихід лінійного шару дорівнюватиме вазі активного вихідного нейрона. Проте це винятковий випадок, зазвичай вихід формують декілька нейронів з різними значеннями вагів.

Як раніше було згадано, для побудови (ініціалізації) радіальних базисних мереж призначені функції `newrbe` і `newrb`. Перша дозволяє побудувати радіальну базисну мережу з нульовою помилкою, друга дозволяє управляти кількістю нейронів прихованого шару.

В результаті навчання функція `newrbe` створює радіальну базисну мережу з нульовою похибкою на повчальній множині. Умова, яку при цьому вимагається виконати, полягає в тому, щоб значення параметра впливу `SPREAD` було досить великим, щоб активні області базисних функцій перекривалися, щоб покрити увесь діапазон вхідних значень. Це дозволяє забезпечити необхідну гладкість апроксимуючих кривих і перешкоджає виникненню явища перенавчання. Проте значення параметра впливу не має бути настільки великим, щоб радіальна базисна функція оголошувала однаково значущими усі значення входу. Таким чином, для вирішення нашого завдання потрібен підбір значення параметра впливу. Недолік функції `newrbe` полягає в тому, що вона формує мережу з числом нейронів в прихованому шарі, рівним числу елементів навчальної множини. Тому за допомогою цієї функції не можна отримати прийняттого рішення у разі великих розмірів навчальної множини, що характерно для реальних застосувань.

Функція `newrb` створює радіальну базисну мережу, використовуючи ітеративну процедуру, яка додає по одному нейрону на кожному кроці навчання (епосі). Нейрони додаються до прихованого шару до тих пір, поки сума квадратів помилок не стане менше заданого значення або не буде використано максимальну кількість нейронів. Ця функція викликається за допомогою команди `net = newrb(P, T, GOAL, SPREAD)`.

Входами функції `newrb` є масиви вхідних і цільових векторів \mathbf{P} і \mathbf{T} , а

також параметри GOAL – допустима середньоквадратична помилка мережі і SPREAD – параметр впливу, а виходом – опис радіальної базисної мережі. Значення параметра SPREAD має бути досить великим, щоб покрити увесь діапазон значень входів, але не настільки, щоб ці значення були однаково значущими або, інакше кажучи, параметр впливу SPREAD вибирається більшим за крок розбиття інтервалу завдання навчальної послідовності, але меншим за розмір самого інтервалу.

Висновок: для вирішення поставленого завдання виявлення для порівняння здійснимо моделювання обох видів радіальної базисної мережі.

Навчання мережі.

Методика навчання мережі може мати наступний вигляд.

Знаходимо в масиві синхросигнал і пред'являємо його мережі як навчальний вектор. Цей же вектор пред'явимо мережі і як цільовий вектор. Створимо ці вектори:

навчальний (розмір вибірки дорівнює 106 значенням)

```
P=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
```

і цільовий

```
T=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
```

І відобразимо один з них (рис. 2.9), оскільки вони ідентичні:

```
figure; plot(T', -k');
```

По місцю в масиві це і є синхросигнал.

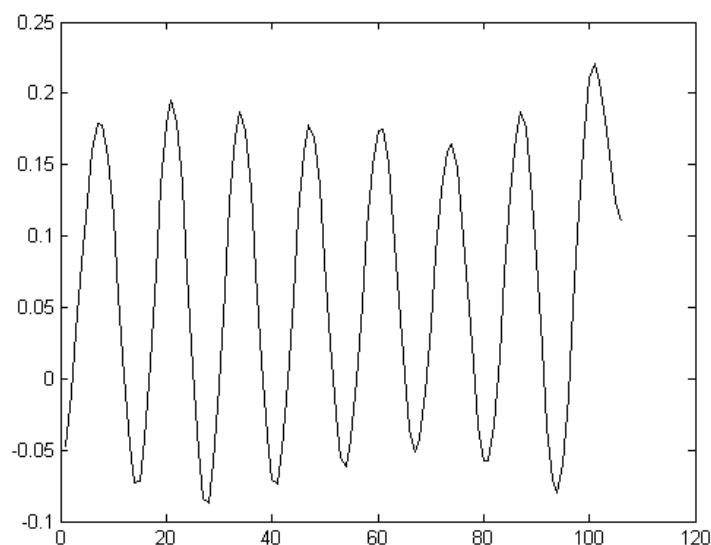


Рис. 2.9 – Цільовий вектор він же синхросигнал

Побудова мережі і перевірка якості її навчання.

Спочатку побудуємо мережу з ітераційною процедурою формування і задамося при цьому істотно малою помилкою GOAL.

```
GOAL=0.000001;
```

```
SPREAD=1;
```

```
rbset=newrb(P, T, GOAL, SPREAD);
```

```
NneuronsRB=rbset.layers{1}.size
```

Кількість нейронів в цій мережі рівна 4:

$N_{\text{neuronsRB}} = 4$.

Перевіримо роботу отриманої мережі на навчальній множині і порівняємо результат роботи мережі Y (позначається $*$) на навчальній множині P з цільовою функцією T (рис. 2.10):

$Y = \text{sim}(\text{rbset}, P);$

$\text{figure}; \text{plot}(1: \text{length}(T), T', -k', 1: \text{length}(T), Y', *k');$

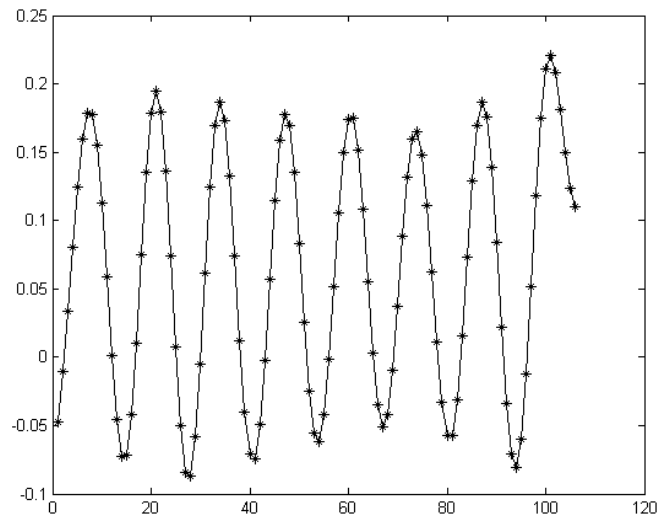


Рис. 2.10 – Результат роботи радіальної базисної мережі з ітераційною процедурою формування по навчальному вектору

Аналіз рисунка говорить про хорошу якість навчання мережі.

Тепер побудуємо радіальну базисну мережу з нульовою помилкою:

$\text{rbset0} = \text{newrbe}(P, T, \text{SPREAD});$

$N_{\text{neuronsRB0}} = \text{rbset0.layers}\{1\}.size$

Тепер кількість нейронів дорівнює 106:

$N_{\text{neuronsRB0}} = 106$.

Перевіримо роботу отриманої мережі з нульовою помилкою на навчальній множині і порівняємо результат роботи мережі Y_0 (позначається $*$) на навчальній множині P з цільовою функцією T (рис. 2.11):

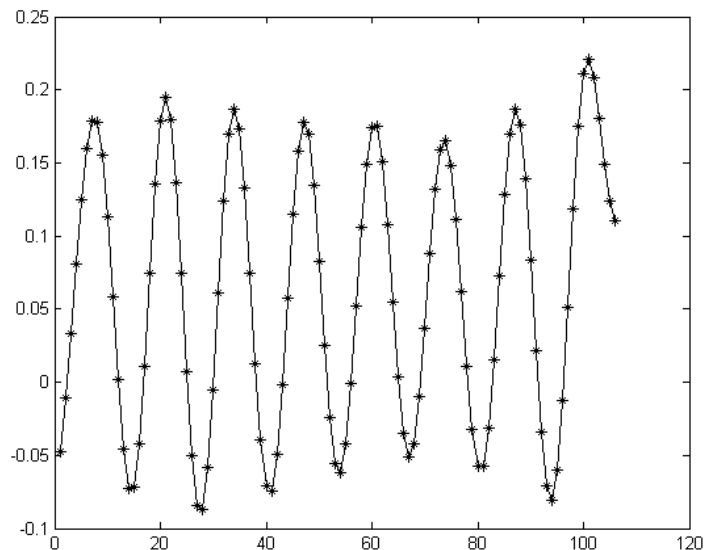


Рис. 2.11 – Результат роботи радіальної базисної мережі з нульовою помилкою по навчальному вектору

```
Y0=sim(rbset0, P);  
figure; plot(1: length(T), T', - k', 1: length(T), Y0', *k');
```

Аналіз останнього і попереднього рисунків говорить про хорошу якість навчання мереж і про візуальну непомітність різниці в роботі обох видів мереж.

Застосування мережі.

Тепер по черзі застосуємо обидві мережі для виявлення синхросигналів в початковому звуковому файлі.

Для того, щоб не перевантажувати пам'ять, виділену в комп'ютері під СКМ, обмежимося роботою не по усьому сигналу (приблизно 2,5 млн. відліків), а по вибірці приблизно в 100 тисяч відліків, узятих десь в середині сигналу, що складає 18 повних сканів або рядків розгортки зображення (рис. 2.12):

```
PP=(out(1+1e5:100000+1e5))';  
figure; plot(PP', - k');
```

Застосуємо радіальну базисну мережу з ітераційною процедурою формування і відобразимо на (рис. 2.13 і 2.14) результатів її роботи:

```
Y1=sim(rbset, PP);  
figure; plot(1: length(PP), Y1',--k');  
figure; plot(1: length(PP), Y1 - PP', - k');
```

Як видно на рис. 2.13 мережа успішно апроксимує вхідний сигнал. А різниця між вхідним сигналом і виходом мережі є помилкою апроксимації, яка приведена на рис. 2.14. З останнього рисунка добре видно, що це помилка може успішно використовуватися як синхроімпульс. Час рішення задачі склав 2 секунди.

Тепер застосуємо радіальну базисну мережу з нульовою помилкою і відобразимо на (рис 2.15 і 2.16) результатів її роботи:

```
Y01=sim(rbset0, PP);  
figure; plot(1: length(PP), Y01',--k');  
figure; plot(1: length(PP), Y01 - PP', - k');
```

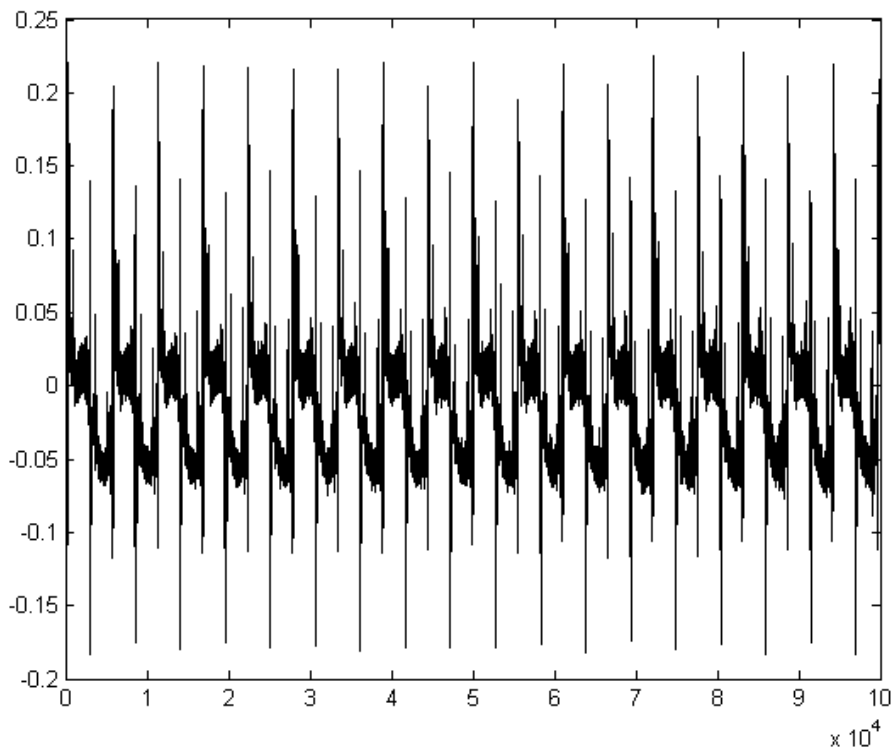


Рис. 2.12 – Сигнал, що надається для роботи мережі

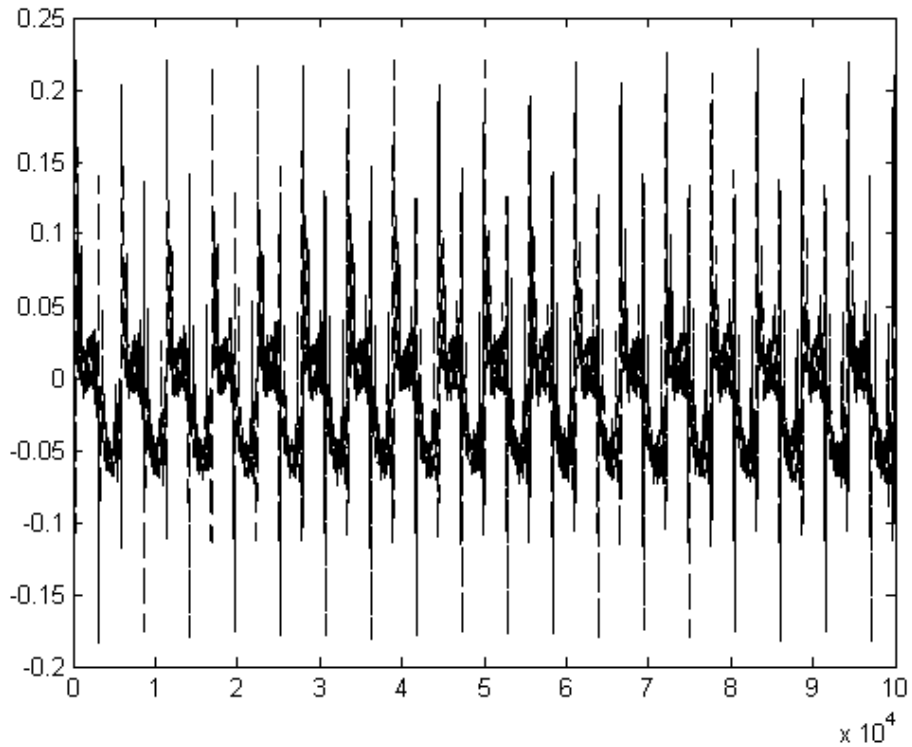


Рис. 2.13 – Апроксимація сигналу радіальною базисною мережею з ітераційною процедурою формування

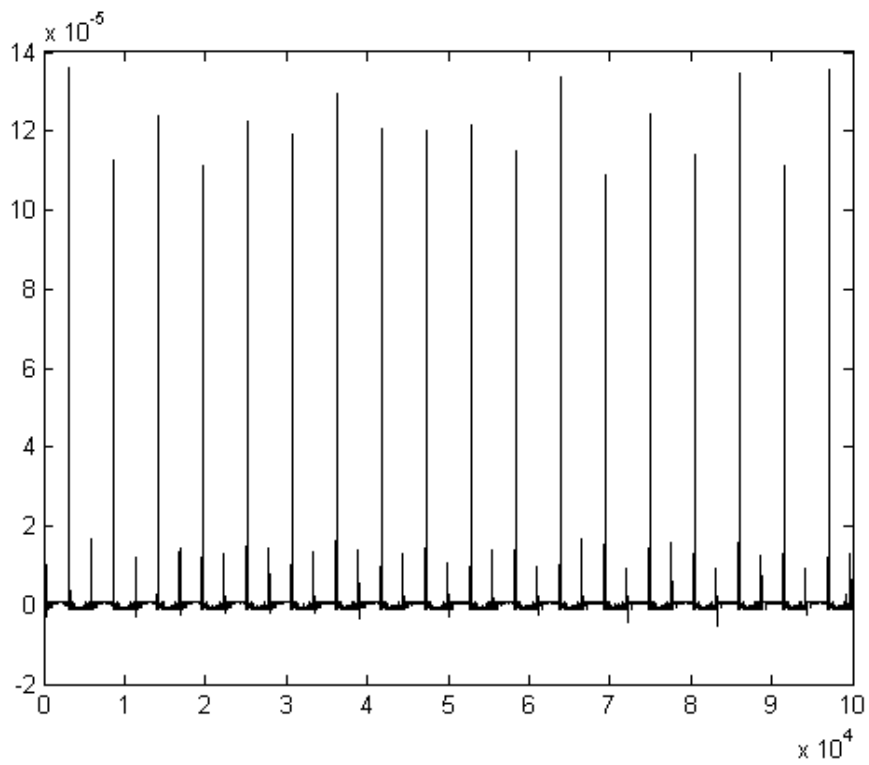


Рис. 2.14 – Помилка апроксимації сигналу радіальною базисною мережею з ітераційною процедурою формування

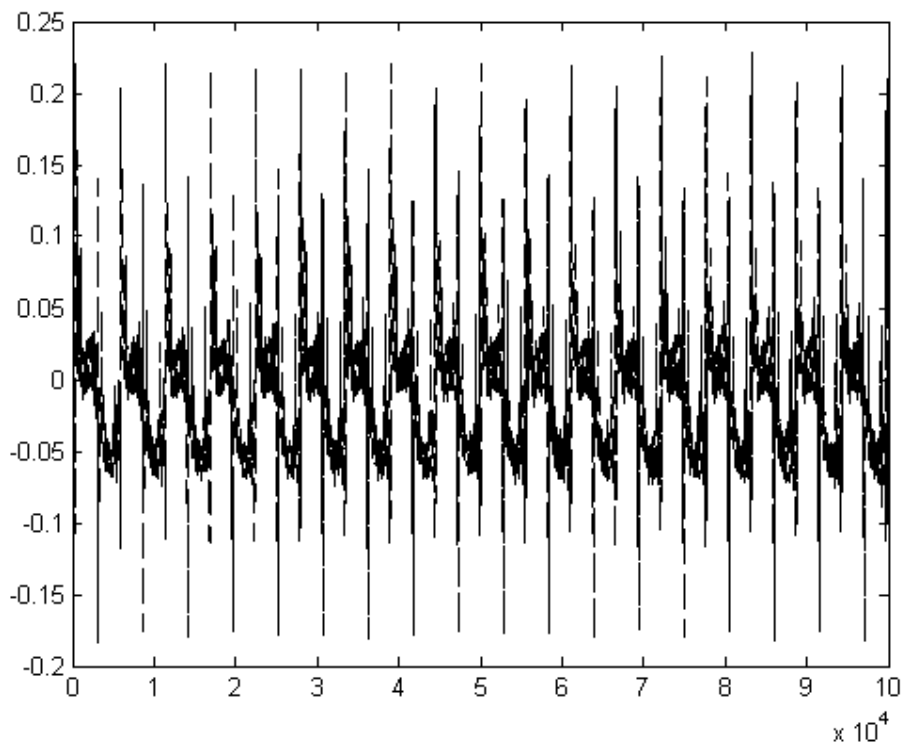


Рис. 2.15 – Апроксимація сигналу радіальною базисною мережею з нульовою помилкою

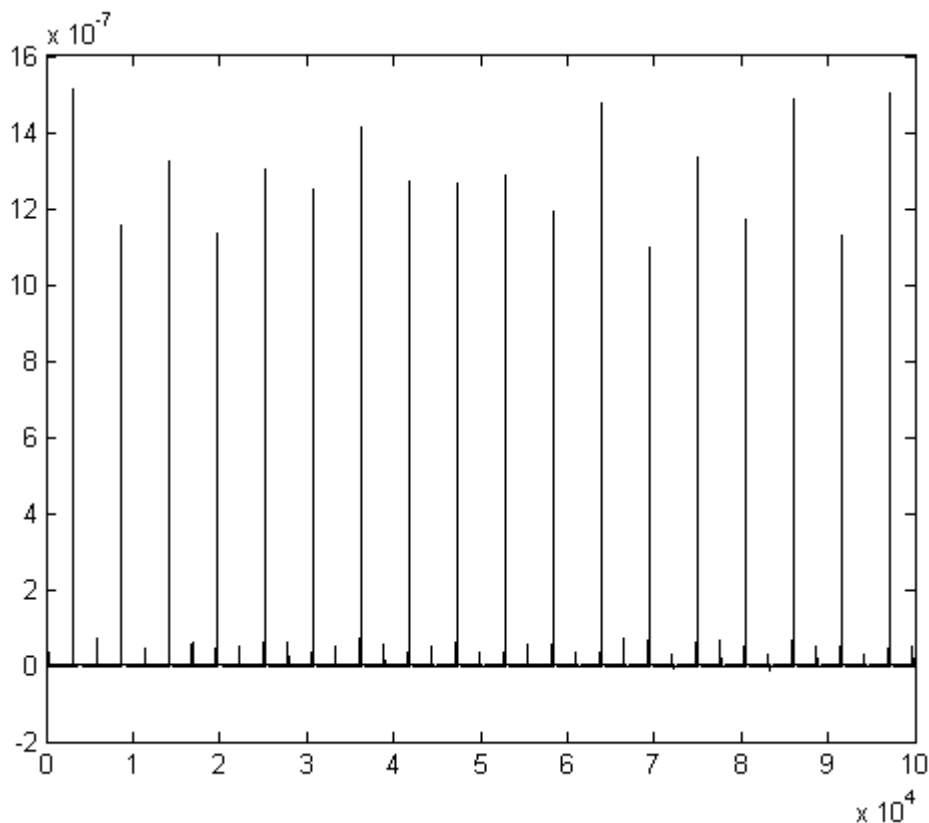


Рис. 2.16 – Помилка апроксимації сигналу радіальною базисною мережею з нульовою помилкою

На (ис. 2.15) видно, що мережа успішно апроксимує вхідний сигнал. Так само різниця між вхідним сигналом і виходом мережі є помилкою апроксимації, яка приведена на (рис. 2.16). З цього рисунка теж добре видно, що це помилка також може успішно використовуватися як синхроімпульс. Час рішення задачі склав майже 7 секунд.

Обговорення результатів застосування мережі.

Порівняльний аналіз (рис. 2.14 і 2.16) показує, що застосування радіальної базисної мережі з нульовою помилкою не призводить до якогось особливого поліпшення якості виявлення сигналу синхронізації в порівнянні з мережею з ітераційною процедурою формування, але вимагає великого числа нейронів (106) і в 3 рази більше часу на розв'язання задачі, а при застосуванні останньої потрібно всього 4 нейрони. Тому виникає природний висновок – для вирішення поставленого завдання доцільно використовувати радіальну базисну мережу з ітераційною процедурою формування.

Порівняльний аналіз рішення поставленої задачі різними методами.

Усі початкові дані для вирішення завдання різними методами однакові.

Рішення задачі фільтрації синхронізуючого сигналу в супутникових даних формату АРТ із застосуванням кореляційного методу.

На підставі відомих даних про синхросигнал, приведених раніше, створимо його модель сА (опорний синхросигнал) і відобразимо її (рис. 2.17):

```

t=[0:1/fs :1/160];
cA=(square(1040*t*(2*pi)));
figure; plot(cA);

```

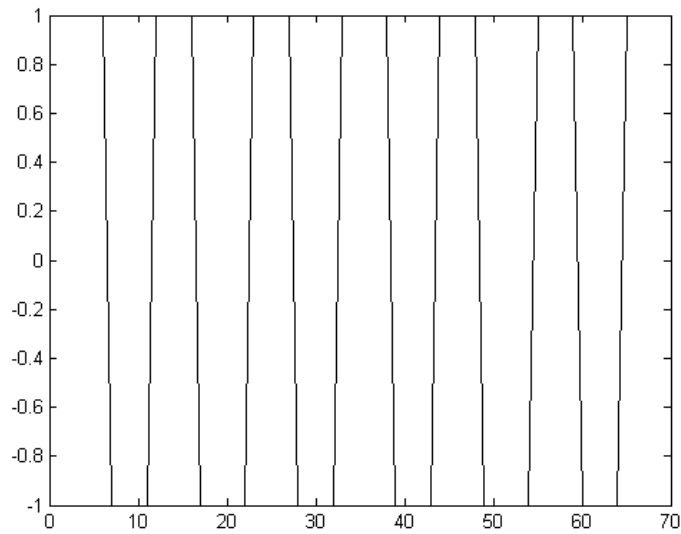


Рис. 2.17 – Опорний синхросигнал

Обчислимо функцію кореляції масиву сигналу і опорного синхросигналу і на її основі сформуємо масив синхроімпульсів:

```

hA=xcorr((cA).'out(1: length(y)));
syncA=hA(length(cA) : length(hA));
і відобразимо результат на (рис. 2.18):
figure; plot(syncA'(1+1e5:100000+1e5), - k');

```

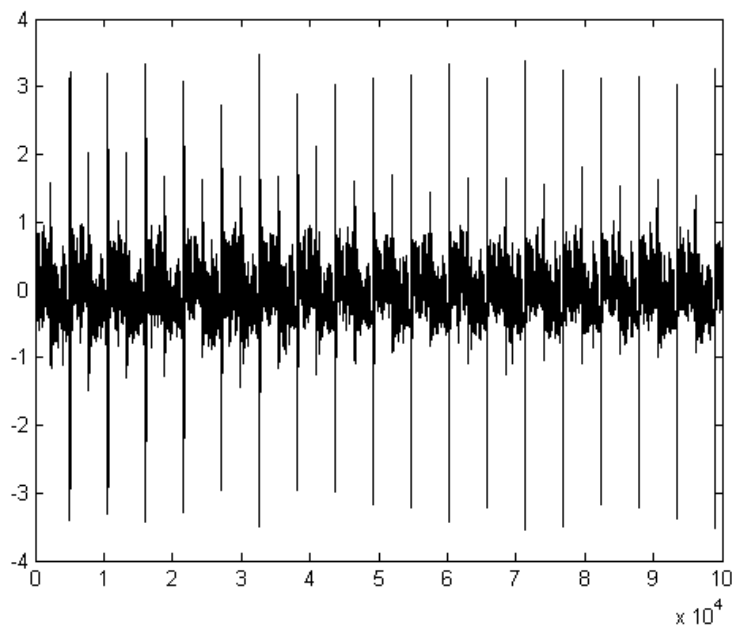


Рис. 2.18 – Синхроімпульси, виділені з супутникового сигналу кореляційним методом

Цим способом завдання вирішується 22 секунди.

Рішення задачі фільтрації синхронізуемого сигналу в супутникових даних формату АРТ із застосуванням Фур'є-фільтрації.

Сформуємо смуговий фільтр Баттерворта з центральною частотою 1040 Гц і з шириною смуги пропускання 5,77%, тобто від 1008,7875 Гц до 1069.425 Гц, що відповідає атрибутивам смуги фільтру 0,183 і 0,194:

```
[BF, AF]=butter(2,[0.183 0.194]);
```

після чого проведемо фільтрацію сигналу з метою виділення синхроімпульсів:

```
outF=filter(BF, AF, out);
```

а результат відобразимо на (рис. 2.19):

```
figure; plot(outF(1+1e5:100000+1e5));
```

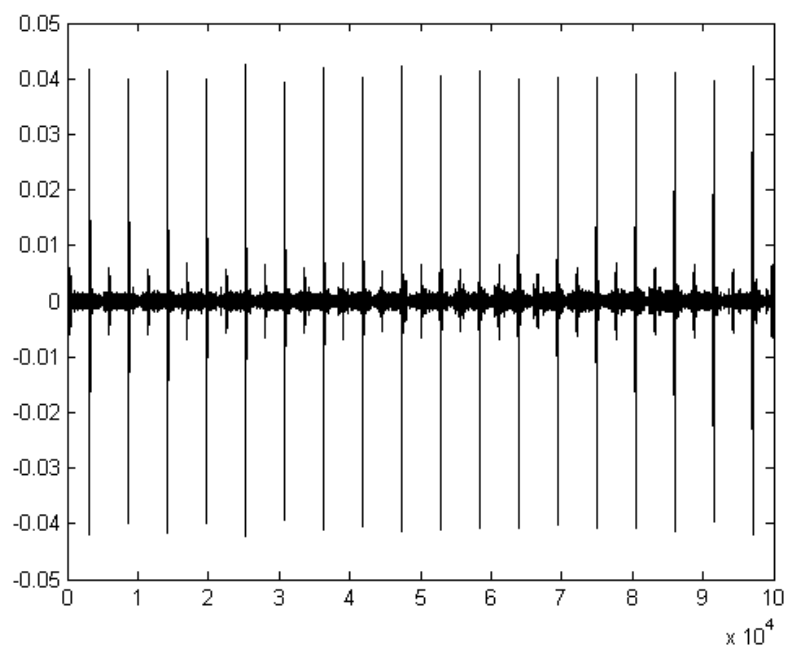


Рис. 2.19 – Синхроімпульси, виділені з супутникового сигналу методом Фур'є-фільтрації

Цим способом завдання вирішується 1,5 секунд.

Рішення задачі фільтрації синхронізуемого сигналу в супутникових даних формату АРТ із застосуванням вейвлетної обробки.

Для цього застосуємо однорівневе кратномасштабне (дискретне) вейвлет-розкладання. Як синхроімпульси цілком підійдуть деталізуючі коефіцієнти 1 рівня розкладання. При цьому треба врахувати той факт, що при вейвлет-розкладання проводиться процедура децимації, тобто зменшення кількості відліків в 2 рази. Тому для отриманих в результаті вейвлет-розкладання синхроімпульсів потрібно в наступній обробці значення їх координат в масиві збільшити в 2 рази.

Проведемо вказані процедури і відобразимо результат на (рис. 2.20):

```
[cA1, cD1]=dwt(out', db8');
```

```
figure; plot(cD1'(1+1e5:100000+1e5), - k');
```

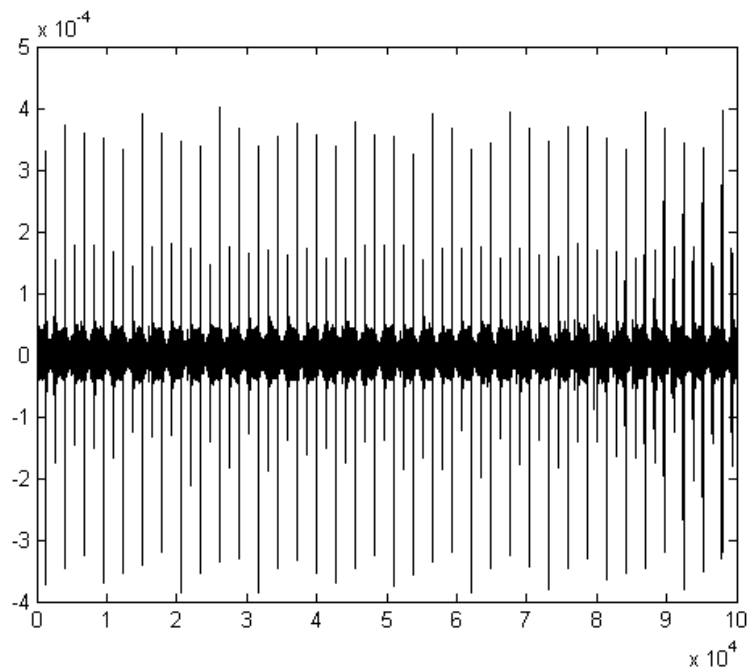



Рис. 2.20 – Синхроімпульси, виділені з супутникового сигналу методом вейвлет-обработки

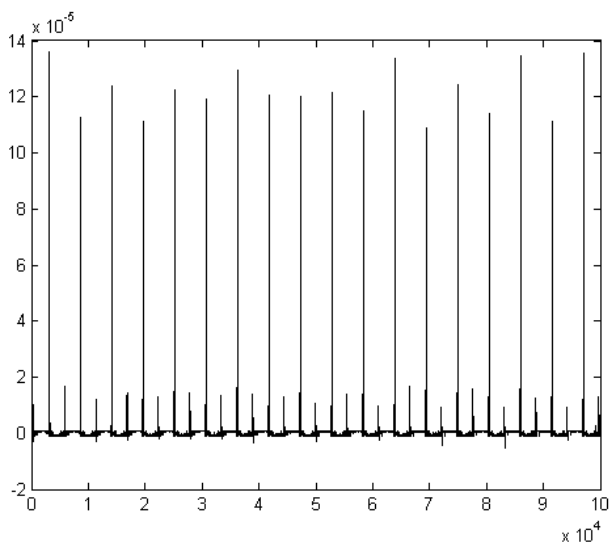
Цим способом завдання вирішується 2 секунди.

Проаналізуємо отримані результати (див. таблицю. 2.1 і рис. 2.21).

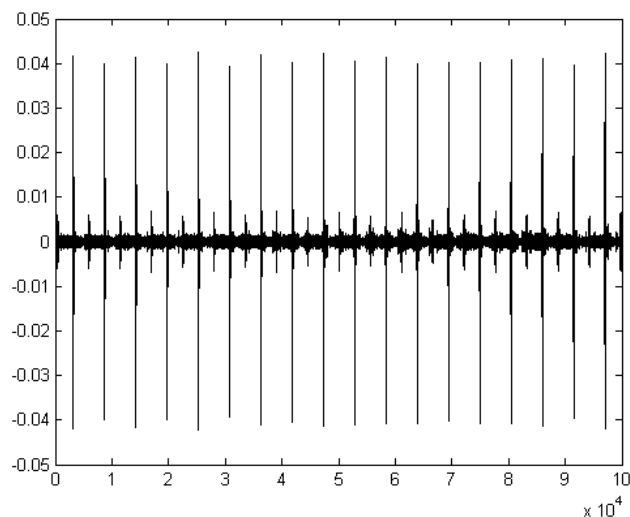
Таблиця 2.1 – Час виділення синхроімпульсів з сигналу різними методами

Радіальна базисна мережа з нульовою помилкою	Радіальна базисна мережа з ітераційною процедурою формування	Вейвлет-обробка	Фур'є-фільтрація	Кореляційний метод
7 секунд	2 секунди	2,5 секунди	1,5 секунд	22 секунди

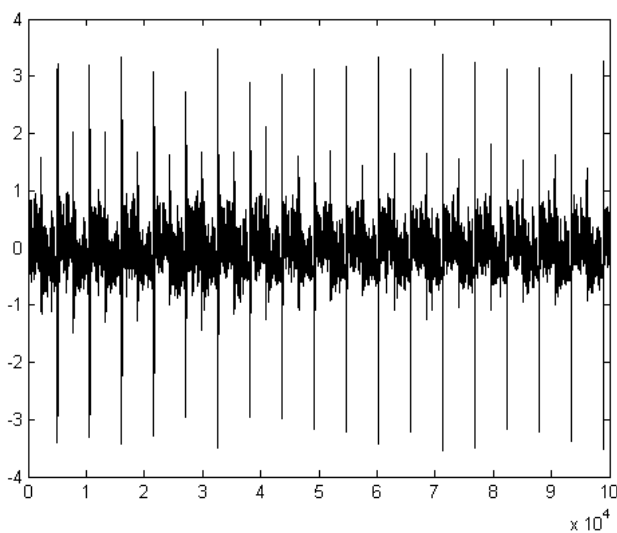
На (рис. 2.21), на якому зображені результати виділення синхроімпульсів різними методами, можна візуально оцінити їх якість роботи.



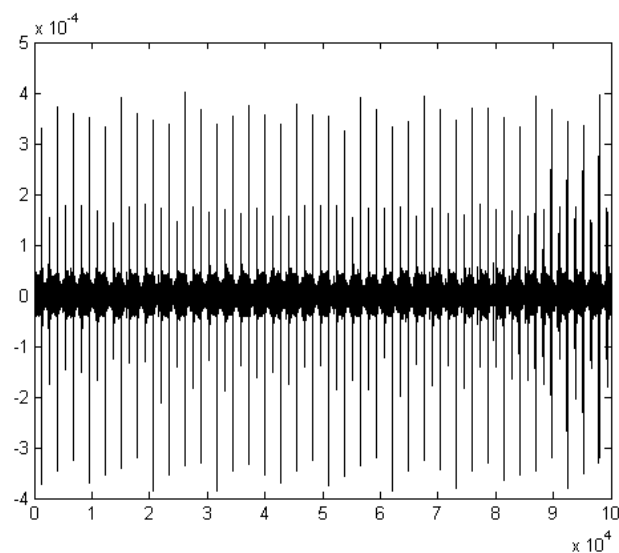
а



б



в



г

Рис. 2.21 – Результати виділення синхроімпульсів різними методами (а – радіальна базисна мережа з ітераційною процедурою формування, б – Фур'є-фільтрація, в – кореляційний аналіз, г – вейвлет-аналіз)

Висновки.

Застосування кожного з вказаних методів виділення синхроімпульсів з сигналу дозволяє вирішити поставлене завдання.

Якщо орієнтуватися на час рішення задачі, то прийнятніше застосовувати наступні методи в порядку їх швидкодії: Фур'є-фільтрація, вейвлет-обробка, радіальна базисна мережа з ітераційною процедурою формування. Але, загалом, по швидкодії вони дуже близькі, і перевагу віддати якому-небудь з вказаних методів важко. Ще 2 методи виявляються дуже повільними: радіальна базисна мережа з нульовою помилкою і кореляційний метод. Тому їх застосування для вирішення цього завдання сумнівно.

Якщо розглянути якість виділення синхроімпульса з сигналу, то усі методи окрім застосування радіальної базисної мережі дають множинний результат, тобто виділяється не один єдиний синхроімпульс, а група синхроімпульсів (рис. 2.22). Це ускладнює подальшу обробку сигналу, оскільки положення початку кожного скана постійно змінюється і треба застосовувати досить витратні заходи для послаблення впливу на подальшу обробку вказаного ефекту.

Застосування радіальної базисної мережі не викликає ефекту множинності синхроімпульсів (рис. 2.23), тому для цілей виділення синхроімпульсів з сигналу найкращим методом є застосування радіальної базисної мережі з ітераційною процедурою її формування.

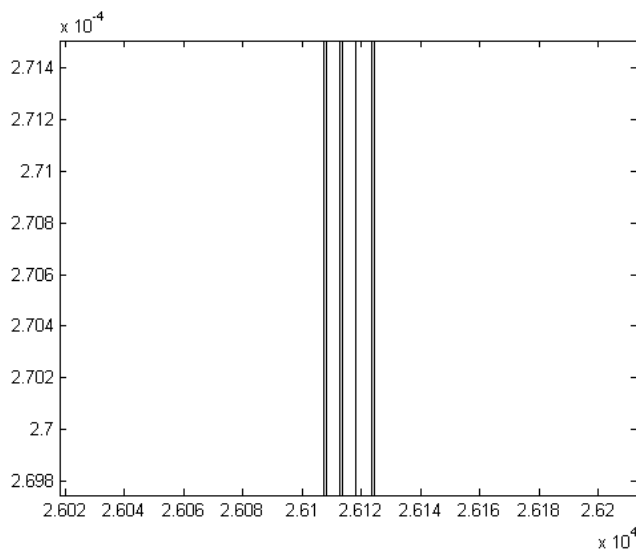


Рис. 2.22 – Ілюстрація множинності синхроімпульсів

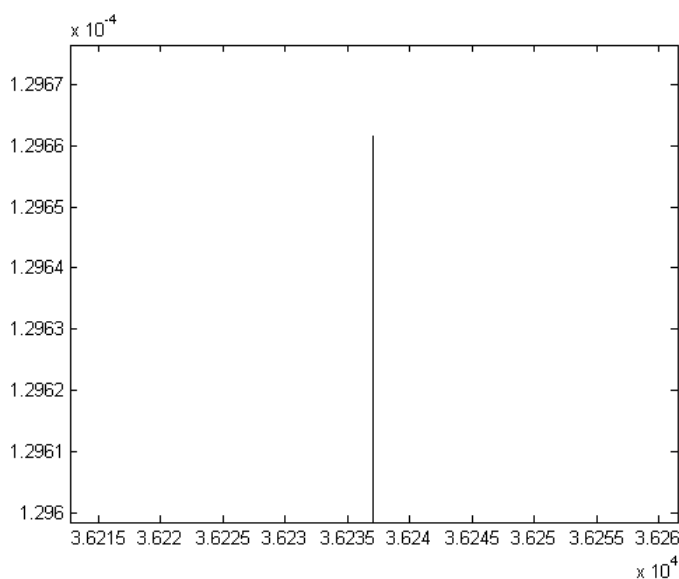


Рис. 2.23 – Ілюстрація відсутності множинності синхроімпульсів при використанні радіальної базисної мережі

2.5 Зміст звіту про лабораторну роботу

- 1) Титульний аркуш.
- 2) Розділ: Мета лабораторної роботи і Завдання на лабораторну роботу.
- 3) Розділ: Хід лабораторної роботи – програмні коди до усіх пунктів завдання з додаванням результатів виконання усіх операцій і команд.
- 4) Розділ: Висновки з лабораторної роботи.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте супутникові дані формату HRPT
2. Охарактеризуйте супутникові дані формату ART
3. Як здійснюється перетворення супутникових даних з формату HRPT у формат ART?
4. Опишіть структуру даних формату ART
5. Опишіть структуру рядка формату ART
6. Опишіть структуру кадру формату ART
7. Опишіть структуру синхронізуючих сигналів формату ART
8. Опишіть структуру циклу телеметрії формату ART
9. Опишіть структуру клінів телеметрії формату ART
10. Як формується зображення з супутникових даних формату ART?
11. Які типи радіально-базисних мереж існують?
12. Як здійснити виділення синхронізуючого сигналу з потоку даних кореляційним способом?
13. Як здійснити виділення синхронізуючого сигналу з потоку даних на основі перетворення Фур'є?
14. Як здійснити виділення синхронізуючого сигналу з потоку даних на основі вейвлетного перетворення?
15. Яким чином будується фільтр синхронізуючого сигналу на основі радіально-базисних штучних нейронних мереж двох видів?
16. Порівняйте результати рішення задачі фільтрації синхронізуючих сигналів різними методами

ЛИТЕРАТУРА

Основна:

1. Медведев В.В., Потёмкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общей редакцией В.Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с. (Пакеты прикладных программ; Кн. 4).
2. Перелигін Б.В., Ткач Т.Б. Застосування штучних нейронних мереж для обробки інформації в технічних системах моніторингу навколишнього середовища: Навчальний посібник. – Одеса: ТЕС, 2014. – 222 с.
3. Перелигін Б.В., Кузніченко С.Д. Методи і засоби обробки моніторингової інформації. Частина 1. Способи і засоби одержання, обробки і надання моніторингової інформації: Навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2010. – 222 с.

Додаткова:

4. Перелигін Б.В. Одержання, передача, прийом і надання локаційної космічної інформації: Навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2006. – 88с.
5. Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: Учебное пособие. – Харьков: ООО „Компания СМИТ”, 2005. – 408 с.
6. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн. 1: Учебное пособие для вузов / Под общей редакцией А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с. (Серия: Нейрокомпьютеры и их применение).
7. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ. – М.: Издательский дом „Вильямс”, 2001. – 27 с.
8. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2001. – 224 с.
9. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика, 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.
10. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом „Вильямс”, 2006. – 1104 с.

ДОДАТОК А

Вимоги до оформлення і форма титульного аркуша звіту про лабораторну роботу

- 1) Звіт виконується на листах формату 11 (А4) машинописним способом в будь-якому текстовому редакторі.
- 2) Колір шрифту - чорний, гарнітура - Таймс, кегль - 14, поля з усіх боків - 20 мм.
- 3) Мета лабораторної роботи і завдання на лабораторну роботу оформляються в одному розділі з нового листа.
- 4) Хід лабораторної роботи оформляється в одному розділі з нового листа.
- 5) Висновки по лабораторній роботі оформляються в одному розділі з нового листа.
- 6) Допускається для розділу Хід лабораторної роботи, з метою економії паперу, виконання тексту і програмних кодів кеглем 12, при необхідності рисунки можуть виконуватися в кольорі.

Форма титульного аркуша звіту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК, УПРАВЛІННЯ І АДМІНІСТРУВАННЯ Кафедра автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища		
ЗВІТ про лабораторну роботу		
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИНХРОНІЗУЮЧИХ СИГНАЛІВ В СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ		
з дисципліни ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ДАНИХ		
Виконав(ла) студент(ка) групи К- 41 Іванов Петро Сидорович		
_____ (підпис студента)		
Перевірив Перелигин Б.В.		
Оцінка за підготовку до лабораторної роботи	Оцінка за виконання лабораторної роботи	Загальна оцінка
Одеса - 2020		