



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120393

(13) U

(51) МПК

G01S 7/34 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 05353**

(22) Дата подання заявки: **31.05.2017**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.10.2017**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.10.2017, Бюл.№ 20**

(72) Винахідник(и):

**Пєвцов Геннадій Володимирович (UA),  
Яцуценко Анатолій Якович (UA),  
Пічугін Михайло Федорович (UA),  
Карлов Дмитро Володимирович (UA),  
Трофименко Юрій Валентинович (UA),  
Карлов Антон Дмитрович (UA),  
Пічугін Ігор Михайлович (UA),  
Борцова Марія Вікторівна (UA)**

(73) Власник(и):

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ  
ІВАНА КОЖЕДУБА,  
вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)**

## (54) СПОСІБ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЗА ЧАСОМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ ПРИ АМПЛІТУДНІЙ ОБРОБЦІ ІНФОРМАЦІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації ґрунтується на перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику, використовує амплітудне відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байєсівському підході максимального використання апріорних даних і полягає у визначенні відношення плинних оцінок суми модулів вибірок амплітуди суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу до значень, усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу оцінок суми, модулів вибірок амплітуди шуму протягом періоду слідування радіосигналів, містить декілька часових каналів визначення амплітудного відношення правдоподібності, максимально зрушених у часі на половину інтервалу аналізу рівному тривалості випромінюваного радіосигналу, і включає визначення каналу з максимальним амплітудним відношенням правдоподібності, визначення енергетичного відношення правдоподібності, порівняння його з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана-Пірсона, та прийняття рішення про квазіоптимальне виявлення радіосигналу і корегування часового положення при перевірці оптимальності виявлення за максимумом амплітудного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентного діапазону можливих флуктуацій плинного значення суми вибірок модулів амплітуди шуму відносно їх усередненого рівня. Вхідна реалізація випадкового процесу потрапляє безпосередньо в канали виявлення, де інтервали послідовного статистичного аналізу затримуються на визначену величину кожний для управління початком статистичної обробки випадкового процесу в них на протязі періоду випромінювання зондуючого радіосигналу.

UA 120393 U



Запропонована корисна модель належить до галузі радіотехніки і може бути використана в усіх радіоприймальних пристроях систем радіолокації, радіонавігації, зв'язку та управління.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип, є "Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації" [1], який ґрунтується на перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику, що використовує амплітудне відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байесівському підході максимального використання апріорних даних і полягає у визначенні відношення плинних оцінок суми модулів вибірок амплітуди суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу до значень, усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу оцінок суми модулів вибірок амплітуди шуму протягом періоду слідування радіосигналів, містить декілька часових каналів визначення амплітудного відношення правдоподібності, зрушених у часі на половину інтервалу аналізу, і включає визначення каналу з максимальним амплітудним відношенням правдоподібності, визначення енергетичного відношення правдоподібності, порівняння його з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана-Пірсона, та прийняття рішення про квазіоптимальне виявлення радіосигналу і корегування часового положення при перевірці оптимальності виявлення за максимумом амплітудного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентного діапазону можливих флуктуацій плинного значення суми вибірок модулів амплітуди шуму відносно їх усередненого рівня.

Недоліком способу-прототипу є значна складність технічної реалізації багатоканальної лінії затримки особливо для тривалих радіосигналів.

В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації, який виключить необхідність використання багатоканальної лінії затримки вхідної реалізації випадкового процесу.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що замість часової багатоканальної затримки вхідної реалізації випадкового процесу використовується засіб формування зрушених у часі послідовностей інтервалів статистичного аналізу, який запускається імпульсами запуску генератора радіосигналів.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у зрушенні інтервалів статистичної обробки вхідної реалізації випадкового процесу, що виключить необхідність використання багатоканальної лінії затримки вхідної реалізації та спростить технічну конструкцію радіоприймача.

На фіг. 1 приведений алгоритм способу багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації.

На фіг. 2 а) подані вибірки модулів амплітуд випадкової реалізації сигналу і шуму; б) інтервали аналізу тривалістю  $t$  з відліком початку без затримки відносно імпульсу запуску передавача; с) інтервали аналізу з максимальною затримкою на  $t/2$ .

На фіг. 3 приведений графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі  $\sigma$  в довжинах хвиль зондуемого сигналу при тривалості радіосигналу  $\tau \sim 100 \dots 500 \lambda$  і затримці обробки інформації між часовими каналами виявлення  $\Delta t \sim 10 \lambda$  при усередненні 1000 реалізацій на кожну точку від енергетичного відношення сигнал/шум.

На фіг. 4 а) приведена нормована функція розузгодження при виявленні енергії суми радіосигналу і шуму при ковзному інтервалі статистичного аналізу; б) при послідовному виявленні; с) при багатоканальному виявленні радіосигналу, де  $\Delta p$  - енергетичні втрати за рахунок флуктуацій випадкового процесу.

На фіг. 5 приведений графік залежності середньоквадратичної помилки визначення дальності до цілі  $\sigma$  в довжинах хвиль зондуемого сигналу при тривалості радіосигналу  $\tau \sim 100 \lambda$  при  $W_s/W_n = 2$   $W_s/W_n = 0,5$  та усередненні 1000 реалізацій на кожну точку від величини затримки обробки інформації між часовими каналами виявлення.

На фіг. 6 приведена таблиця виграшу в дальності виявлення  $\tau_E/\tau_A$  при енергетичному виявленні у порівнянні з класичною радіолокацією для моделей сигналу з випадковою початковою фазою і випадковими початковою фазою і амплітудою.

Суть запропонованого способу багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації, ґрунтується на перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику і полягає у тому, що використовується амплітудне відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байесівському підході максимального використання апріорних даних і полягає у визначенні відношення плинних оцінок суми модулів вибірок амплітуди суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу до значень, усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу

оцінок суми модулів вибірок амплітуди шуму протягом періоду слідування радіосигналів. Містить декілька часових каналів визначення амплітудного відношення правдоподібності, де затримуються інтервали статистичного аналізу вхідної реалізації випадкового процесу на

$\Delta\tau = m\Delta t_n, \quad \forall m \in 0 \dots \frac{n}{2}$  для управління початком статистичної обробки випадкового процесу в

- 5 кожному каналі на протязі періоду випромінювання зонduючого радіосигналу і включає визначення каналу з максимальним амплітудним відношенням правдоподібності, визначення енергетичного відношення правдоподібності, порівняння його з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана-Пірсона, та прийняття рішення про квазіоптимальне виявлення радіосигналу і корегування часового положення при перевірці оптимальності
- 10 виявлення за максимумом амплітудного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентного діапазону можливих флуктуацій плинного значення суми вибірок модулів амплітуди шуму відносно їх усередненого рівня.

Максимальне зрушення інтервалу аналізу вхідної реалізації в N каналах на час, рівний половині тривалості радіоімпульсу, має вигляд

15 
$$\frac{\tau}{2} = \frac{n\Delta t_n}{2}, \quad (1)$$

де  $\Delta t_n$  - інтервал дискретизації;

n - кількість оцифрованих вибірок за тривалість радіоімпульсу;

$\Delta\tau = m\Delta t_n, \quad \forall m \in 0 \dots \frac{n}{2}$  - затримка інтервалу аналізу вхідної реалізації кожного каналу аналізу.

- 20 Період слідування радіосигналів T в кожному часовому каналі поділяється на інтервали часу, рівні тривалості очікуваного сигналу  $\tau$  та оцінюються суми модулів вибірок амплітуд суміші сигналу і шуму на кожному з них. Отримані значення суми модулів вибірок амплітуд становлять джерело для визначення послідовності амплітудних відношень правдоподібності.

- Амплітудні відношення правдоподібності перших інтервалів аналізу визначаються як відношення оцінки суми модулів вибірок амплітуд суміші сигналу і шуму до усередненої оцінки суми модулів вибірок амплітуд шуму за попередні періоди слідування зонduючих сигналів.
- 25

На основі аналізу амплітудних відношень правдоподібності в кожному часовому каналі знаходиться канал з їх максимальним значенням.

- Прийняття рішення про квазіоптимальне виявлення енергії суміші радіосигналу і шуму здійснюється після визначення енергетичного відношення правдоподібності і порівняння його з
- 30 порогом прийняття рішення:

$$L = \frac{U_{sn}^2}{U_n^2} = \frac{W_{sn}}{W_n} > L_0, \quad (2)$$

де  $U_{sn} = \sum_{i=0}^n |y_i| \Delta t_i$  - оцінка нероздільної суми модулів амплітуд вибірок суміші радіосигналу і шуму на інтервалі рівному його тривалості;

$\bar{U}_n = \frac{1}{M} \left[ \sum_{i=0}^n |n_i| \Delta t_{i1} + \sum_{j=0}^n |n_j| \Delta t_{j2} + \dots \right]$  - оцінка усередненого значення суми модулів амплітуд

- 35 вибірок вхідної реалізації шуму на M інтервалах рівних тривалості радіосигналу.

$L_0$  - поріг прийняття рішення про виявлення енергії суміші радіосигналу і шуму, який визначається з виразу умовної ймовірності хибних тривог для  $\chi^2$  - розподілу.

- Перевірка оптимальності виявлення здійснюється за максимумом амплітудного відношення правдоподібності в діапазоні часу  $\Delta t$ , еквівалентного діапазону можливих флуктуацій плинного значення суми вибірок модулів амплітуди шуму відносно їх усередненого рівня.
- 40

$$t_{\Sigma} = t_k - (j\Delta t_n) \pm \Delta t, \quad (3)$$

де  $t_k$  - плинний час виявлення сумарної енергії;

j - часовий канал виявлення максимального амплітудного відношення правдоподібності.

- Заключне прийняття рішення про оптимальне енергетичне виявлення здійснюється шляхом
- 45 пошуку максимального значення амплітудного відношення правдоподібності при послідовній зміні інтервалу аналізу на крок в діапазоні  $\pm \Delta t$ , пропорційному діапазону можливих флуктуацій плинних значень оцінки суми модулів вибірок амплітуд внутрішнього шуму відносно усередненого рівня суми модулів вибірок амплітуд внутрішніх шумів приймача.

# ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. Патент на корисну модель 64707. Україна, МПК G01S 7/34. Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації /Г.В.Певцов, А.Я. Яцуценко та ін. № u201512765; заявл. 23.12.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.

5

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб багатоканального за часом енергетичного виявлення радіосигналів при амплітудній обробці інформації, який ґрунтується на перевірці статистичних гіпотез за критерієм мінімуму середнього ризику, використовує амплітудне відношення правдоподібності, яке ґрунтується на законі збереження енергії і байесівському підході максимального використання апріорних даних і полягає у визначенні відношення плинних оцінок суми модулів вибірок амплітуди суміші радіосигналу і шуму на інтервалі аналізу, рівному тривалості сигналу до значень, усереднених за декілька попередніх інтервалів аналізу оцінок суми, модулів вибірок амплітуди шуму протягом періоду слідування радіосигналів, містить декілька часових каналів визначення амплітудного відношення правдоподібності, максимально зрушених у часі на половину інтервалу аналізу рівному тривалості випромінюваного радіосигналу, і включає визначення каналу з максимальним амплітудним відношенням правдоподібності, визначення енергетичного відношення правдоподібності, порівняння його з порогом прийняття рішення, що визначається за критерієм Неймана-Пірсона, та прийняття рішення про квазіоптимальне виявлення радіосигналу і корегування часового положення при перевірці оптимальності виявлення за максимумом амплітудного відношення правдоподібності в діапазоні часу, еквівалентного діапазону можливих флуктуацій плинного значення суми вибірок модулів амплітуди шуму відносно їх усередненого рівня, який **відрізняється** тим, що вхідна реалізація випадкового процесу потрапляє безпосередньо в канали виявлення, де інтервали послідовного статистичного аналізу затримуються на визначену величину кожний для управління початком статистичної обробки випадкового процесу в них на протязі періоду випромінювання зонduючого радіосигналу.

30

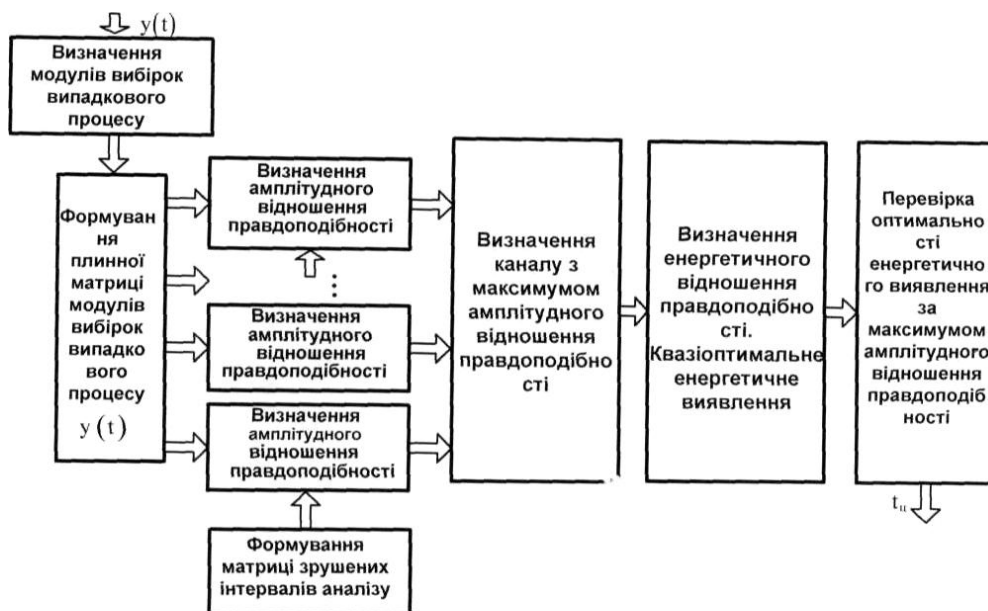
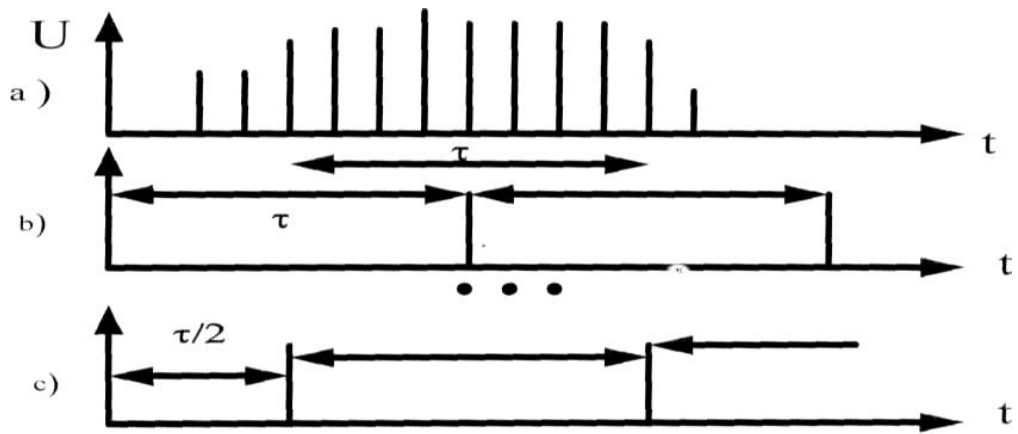
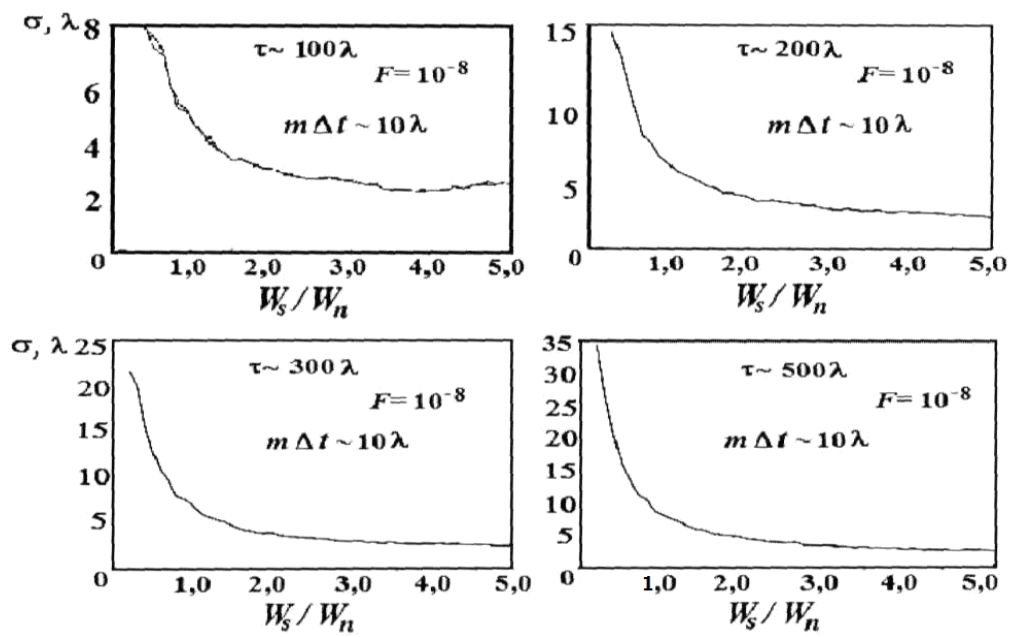


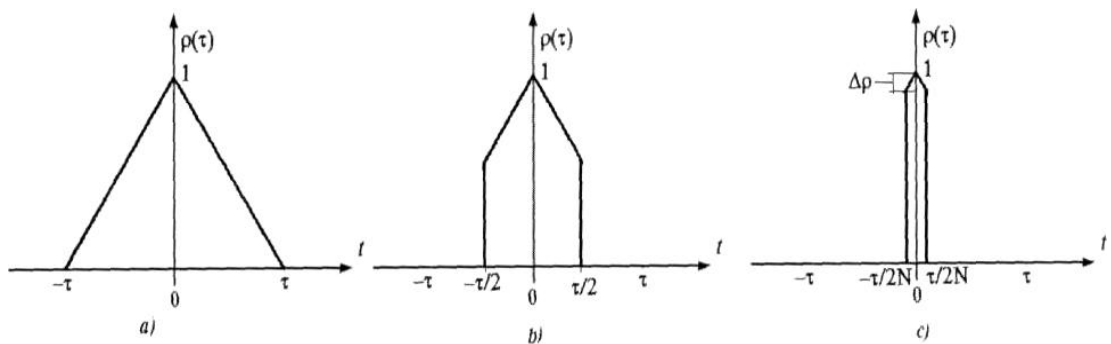
Fig. 1



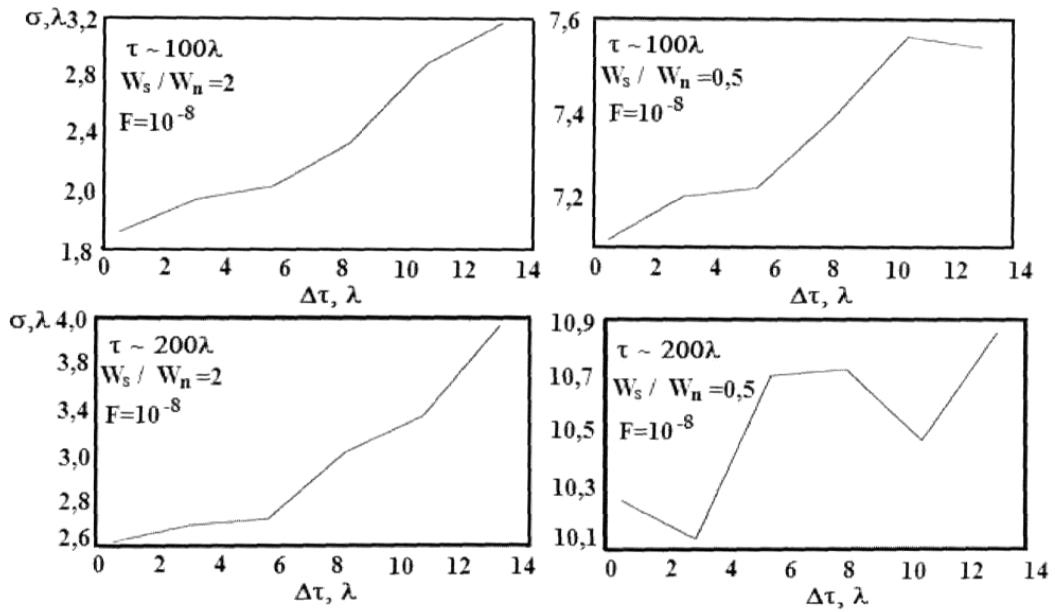
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

n	$W_s / W_n$ $F = 10^{-6}; D = 0,9$	$q^E$	$q^A$ (випадкова початкова фаза)	$r_E / r_A$	$q^A$ (випадкові початкова фаза і амплітуда)	$r_E / r_A$
500	0,45	0,9486	6,5	2,618	16	4,107
1000	0,3	0,7746	6,5	2,897	16	4,545
1500	0,25	0,7071	6,5	3,032	16	4,757
4500	0,145	0,538	6,5	3,476	16	5,453
6500	0,1	0,447	6,5	3,813	16	5,983
$10^5$	0,027	0,2323	6,5	5,289	16	8,299

Фиг. 6

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601