



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 96900

(13) U

(51) МПК

G01S 13/52 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

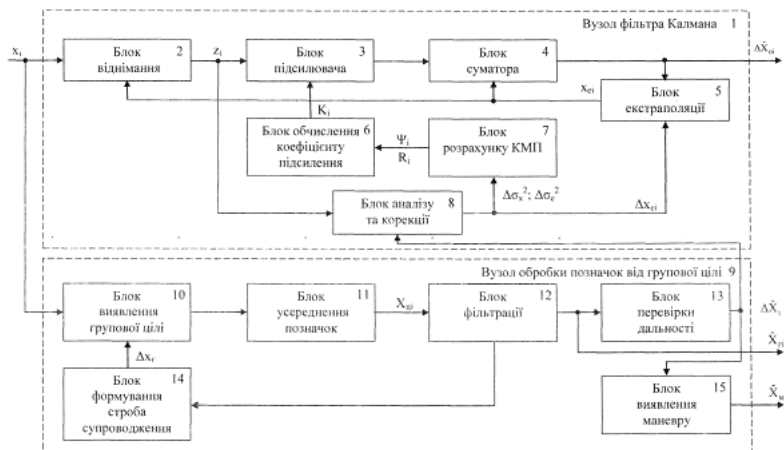
(21) Номер заявки: **u 2014 09041**
(22) Дата подання заявки: **11.08.2014**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.02.2015**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.02.2015, Бюл.№ 4**

(72) Винахідник(и):
**Челпанов Артем Володимирович (UA),
Акулінін Гліб Васильович (UA),
Піскунов Станіслав Миколайович (UA),
Шевченко Антон Федорович (UA),
Безверхий Андрій Вікторович (UA)**
(73) Власник(и):
**ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА
КОЖЕДУБА,
вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)**

(54) ПРИСТРІЙ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ ЦІЛЕЙ

(57) Реферат:

Пристрій фільтрації та супроводження цілі, містить вузол фільтра Калмана, складений з блока віднімання, блока підсилювача, блока суматора, блока екстраполяції, блока аналізу і корекції, блока розрахунку кореляційної матриці помилок, блока обчислення коефіцієнта підсилення. Додатково введено вузол обробки позначок від групової цілі, який складений з блока виявлення групової цілі, блока усереднення позначок, блока фільтрації, блока перевірки достовірності, блока виявлення маневру і формування строга супроводження, причому вихід блока екстраполяції з'єднаний з другими входами блока віднімання і блока суматора, вихід блока обчислення коефіцієнта підсилення - з другим входом блока підсилювача, перший вхід блока аналізу та корекції з'єднаний з виходом блока віднімання, другий вхід - з виходом блока перевірки достовірності, а вихід - з другим входом блока екстраполяції, вхід блока формування строга супроводження з'єднаний з другим виходом блока фільтрації, а вихід - з другим входом блока виявлення групової цілі, другий вхід блока перевірки достовірності з'єднаний з виходом суматора, при цьому входом пристрою є входи блока віднімання та блока виявлення групової цілі, а виходами - виходи блока суматора, блока фільтрації і блока виявлення маневру.



UA 96900 U

UA 96900 U

Запропонована корисна модель належить до галузі радіолокації і може бути використана для оцінки параметрів траєкторії цілі з забезпеченням заданої ймовірності її стійкого супроводження в умовах наявності як поодинокі, так і групової цілі.

Відомий пристрій фільтрації параметрів траєкторії цілі [1], який містить вузол лінійного фільтра Калмана, у складі блока підсилювача, блока суматора, блока екстраполяції, блока розрахунку кореляційної матриці помилок (КМП) та блока обчислювання коефіцієнта підсилення.

Недоліком пристрою є те, що він не враховує поточні динамічні помилки фільтрації, зокрема, при невідповідності прийнятої моделі руху цілі її реальної траєкторії.

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип, є ймовірнісний фільтр [2], який містить вузол фільтра Калмана, який складається з послідовно з'єднаних блока віднімання, блока підсилювача, блока суматора, блока екстраполяції і послідовно з'єднаних блока аналізу і корекції, блока розрахунку КМП і блока обчислення коефіцієнта підсилення.

Недоліком фільтра-прототипу є те, що він не забезпечує задану ймовірність стійкого супроводження цілі, якщо вона входить до складу групової.

В основу корисної моделі поставлена задача створити пристрій фільтрації та супроводження цілі, в якому введення нових блоків, у складі вузла обробки позначок від групової цілі, дозволить виявити наявність групової цілі, побудувати єдину опорну траєкторію та використати її для більш надійного супроводження цілі зі складу групи.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у пристрій-прототип, який містить вузол фільтра Калмана, який складений з послідовно з'єднаних блока віднімання, блока підсилювача, блока суматора, блока екстраполяції і послідовно з'єднаних блока аналізу та корекції, блока розрахунку КМП і блока обчислення коефіцієнта підсилення додатково введено вузол обробки позначок від групової цілі у складі послідовно з'єднаних блока виявлення групової цілі, блока усереднення позначок, блока фільтрації, блока перевірки достовірності і блока виявлення маневру та блока формування строга супроводження.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у підвищенні точності оцінок параметрів траєкторії цілі та забезпеченні необхідної стійкості її супроводження, якщо ціль входить до складу групової. При цьому достовірність поточних оцінок параметрів траєкторії цілі перевіряється за рахунок її порівняння з кінематичними характеристиками єдиної опорної траєкторії групової цілі, яка додатково будується в пристрої.

На кресленні приведена структурна схема запропонованого пристрою.

Запропонований пристрій фільтрації та супроводження цілі містить вузол фільтра Калмана 1, який складається з послідовно з'єднаних блока віднімання 2, блока підсилювача 3, блока суматора 4, блока екстраполяції 5, і послідовно з'єднаних блока аналізу та корекції 8, блока розрахунку кореляційної матриці помилок 7, блока обчислення коефіцієнта підсилення 6, а також вузол обробки позначок від групової цілі 9, який складений з послідовно з'єднаних блока виявлення групової цілі 10, блока усереднення позначок 11, блока фільтрації 12, блока перевірки достовірності 13 і блока виявлення маневру 15 та блока формування строга супроводження 14.

Вихід блока екстраполяції з'єднаний з другими входами блока віднімання та блока суматора. Вихід блока обчислення коефіцієнта підсилення - з другим входом блока підсилювача. Перший вхід блока аналізу та корекції з'єднаний із виходом блока віднімання, другий вхід - із виходом блока перевірки достовірності, а вихід додатково з'єднаний з другим входом блока екстраполяції.

Вхід блока формування строга супроводження з'єднаний з другим виходом блока фільтрації, а вихід - з другим входом блока виявлення групової цілі. Другий вхід блока перевірки достовірності з'єднаний з виходом блока суматора. Входами пристрою є входи блока віднімання і блока виявлення групової цілі, а виходами - виходи блока суматора, блока фільтрації та блока виявлення маневру.

Робота запропонованого пристрою полягає у наступному.

На вхід блока віднімання надходять позначки від цілей (виміри координат) x_i в кожному i -му циклі супроводження, де $i = 1, 2, \dots, n$.

На другий вхід блока надходять екстрапольовані (очікувані) значення координат x_{ei} , які визначаються в блоці екстраполяції за даними попередніх циклів супроводження цілі.

В блоці віднімання обчислюються розходження між вимірюваним x_i та екстрапольованим x_{ei} значеннями параметру - значення нев'язок Z_i :

$$Z_i = x_i - x_{ei} \quad (1)$$

В одновірному випадку (по координаті x) отримуємо:

$$x_{ei} = \hat{x}_{i-1} + \hat{\dot{x}}_{i-1}(t_i - t_{i-1}), \quad (2)$$

де $\hat{x}_{i-1}, \hat{\dot{x}}_{i-1}$ - оцінки параметрів траєкторії цілі (координати і швидкості) в попередньому $(i-1)$ -ому циклі супроводження цілі;

t_i - момент часу, який відповідає i -ому циклу супроводження цілі.

- 5 При необхідності (наприклад, при виявленні маневру цілі) екстрапольовані значення корегуються в залежності від прискорення маневру q на величину [3]:

$$\Delta x_{ei} = \bar{Z}_i; \Delta \dot{x}_{ei} = -\frac{1}{2} q T_i^2, \quad (3)$$

де \bar{Z}_i - згладжене значення нев'язки за рахунок прискорення q ;

T_i - часовий цикл супроводження цілі.

$$\bar{Z}_i = \alpha \bar{Z}_{i-1} + (1 - \alpha) Z_i; \quad (4)$$

$$\bar{Z}_i = -\varphi \frac{q T_i^2}{12},$$

- 10 α - коефіцієнт згладжування;

φ - коефіцієнт за рахунок усереднення.

В блоці підсилювача 3 та блоці суматора 4 здійснюється фільтрація позначок з визначенням

поточних оцінок параметрів траєкторії \hat{x}_i :

$$\hat{x}_i = x_{ei} + K_i (x_i - x_{ei}). \quad (5)$$

- 15 Значення коефіцієнта підсилення фільтра K_i рекурентно розраховуються в блоці обчислення коефіцієнта підсилення 6 з використанням значень елементів кореляційної матриці помилок фільтрації ψ_i , КМП екстраполяції ψ_{ei} та КМП вимірювань R_i [4].

В матричному вигляді:

$$K_i = \psi_i H^T (H \psi_{ei} H^T + R_i)^{-1}, \quad (6)$$

де H - відома матриця перерахунку.

В одновірному випадку:

$$K_i = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_{ei}^2 + \sigma_{xi}^2}, \quad (7)$$

- 20 де $\sigma_i^2, \sigma_{xi}^2, \sigma_{ei}^2$ - відповідно, дисперсії помилок оцінки координати, помилок вимірювань і екстраполяції.

Значення елементів КМП оцінок параметрів руху ψ_i і КМП вимірювань R_i визначаються в блоці розрахунку кореляційної матриці помилок 7 з урахуванням корекції дисперсії $\Delta \sigma_x^2$ та $\Delta \sigma_e^2$ при виявленні значних динамічних помилок супроводження цілі, наприклад, при збільшенні помилок вимірювань координат цілі та при її маневрі. Зокрема, параметри екстраполяції за швидкістю та прискоренню уточнюються відповідно з (3).

- 25 Вузол обробки позначок від групової цілі 9 забезпечує підвищення надійності супроводження складових групової цілі.

- 30 В блоці виявлення групової цілі 10 здійснюється виявлення групової цілі (якщо цілі здійснюють політ в бойовому порядку).

Наявність групової цілі і склад групи (кількість цілей $N_{\text{ц}}$) визначаються в межах стробу супроводження (при $N_{\text{ц}} \geq 2$).

- Розмір стробу супроводження цілі Δx_r розраховується в блоці формування строба супроводження 14 на основі розміру типового бойового порядку групової цілі по відповідній координаті (Δx_B) та можливих помилок вимірювань координат (дисперсії σ_x^2) і динамічних помилок супроводження цілі ε_i :

$$\Delta x_r = \Delta x_B + \varepsilon_i + \sigma_x.$$

Для визначення складу групи використовуються сигнали в вигляді когерентної послідовності з M радіоімпульсів. В результаті кореляційної обробки когерентної послідовності забезпечується розрізняльна спроможність за швидкістю окремих цілей [5]:

$$\sigma_v = \frac{0,55}{MT_n}.$$

5 При послідовності з $M = 16$ радіоімпульсів з періодом повторення $T_n = 35 \cdot 10^{-3}$ с отримуємо

$$\sigma_v = 1 \frac{M}{c}.$$

В блоці усереднення позначок 11 визначається координата центра групи:

$$X_{ci} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{ji},$$

де j - номер цілі зі складу групи з N цілей;

10 i - номер циклу супроводження.

В блоці фільтрації 12 здійснюються фільтрація усереднених позначок відповідно із співвідношеннями для фільтра Калмана (5), (6) і визначаються оцінки параметрів траєкторії центра групи \hat{X}_{ci} .

15 Параметри центральної траєкторії використовуються для оцінки достовірності параметрів траєкторії окремих цілей групи.

Переплутування цих траєкторій виявляється при розходженні їх параметрів (кінематичних характеристик) з параметрами траєкторії центра групи, зокрема, за швидкістю і прискоренням на деякі величини $\Delta \hat{X}_M, \Delta \hat{\dot{X}}_M$:

$$\Delta \hat{X}_i > \Delta \hat{X}_M; \Delta \hat{\dot{X}}_i > \Delta \hat{\dot{X}}_M.$$

20 В блоці 8 здійснюється корекція параметрів траєкторії окремих цілей і підвищується ймовірність правильного ототожнення чергових позначок.

В блоці виявлення маневру 15 здійснюється виявлення маневру окремих цілей при їх віддаленні від групи (якщо параметри їх траєкторії відрізняються від бічних траєкторій елементів групової цілі на величину $\Delta \hat{X}_i$, яка визначається прискоренням маневру).

25 В блоці корекції 8 корегуються параметри траєкторії X_{ei}, \hat{X}_i і параметри фільтра (коефіцієнт підсилення).

На вихід пристрою фільтрації та супроводження цілей видаються вектор оцінок параметрів траєкторії центра групи (єдиної опорної траєкторії) \hat{X}_{ci} , параметри окремих траєкторій супроводжуваних цілей зі складу групи $\Delta \hat{X}_{oi}$ та цілей, що відділяються від групи, здійснюючи маневр \hat{X}_{mi} .

Послідовність включення в роботу окремих блоків пристрою фільтрації та супроводження цілей та їх взаємодія визначається сіткою керуючих імпульсів, прив'язаних до сітки частот синхронізатора радіолокаційної станції (вузол синхронізації і керування на схемі пристрою не показаний).

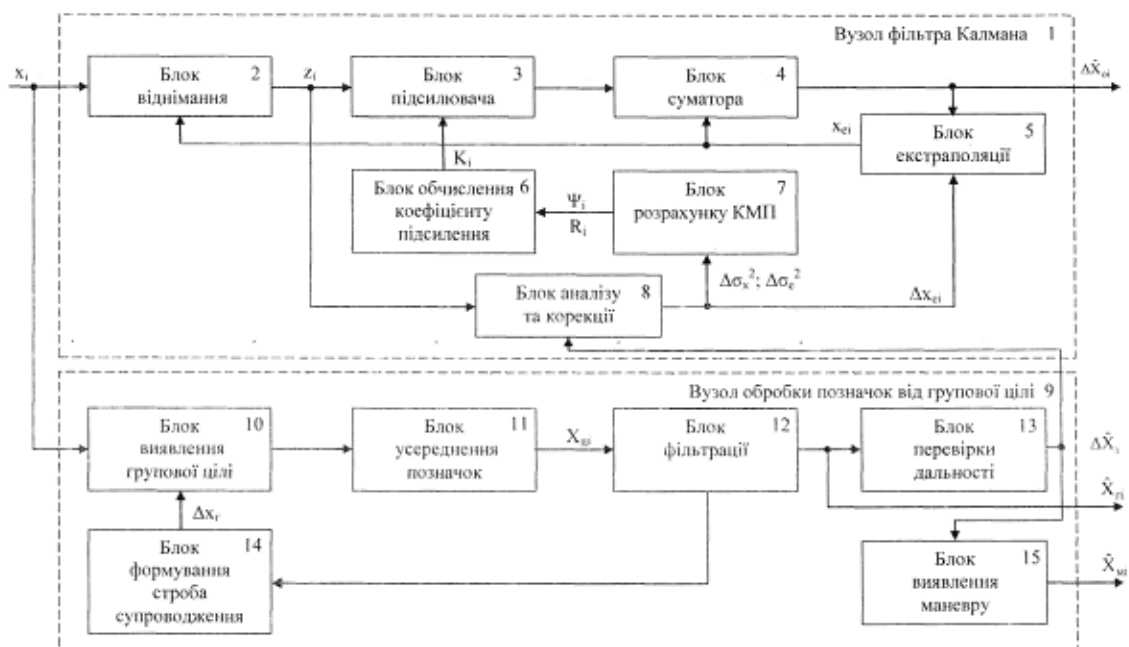
35 При технічній реалізації запропонованого пристрою фільтрації та супроводження цілей використовуються типові вузли і блоки радіоелектронної апаратури, інтегральні схеми і мікропроцесори з відповідним програмним забезпеченням [4].

Джерела інформації:

- 40 1. Корестелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем. - М.: Радио и связь, 1987. - с.251.
2. Патент на корисну модель 71892, Україна, МПК5 G01S 13/52. Ймовірнісний фільтр. / Челпанов В.В. та ін. № 201201587. Заяв. 14.02.2012. Опубл. 25.07.2012. Бюл. № 14.
3. Саврасов Ю.С. Алгоритмы и программы в радиолокации. - М: Радио и связь, 1985. - 216 с.
4. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. - К.: КВІЦ, 2000. - 428с.
- 45 5. Обработка сигналов в многоканальных РЛС. Под ред. А.П. Лукошкина. - М.: Радио и связь, 1983. - 197 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Пристрій фільтрації та супроводження цілі, який містить вузол фільтра Калмана, складений з
- 5 блока віднімання, блока підсилювача, блока суматора, блока екстраполяції, блока аналізу і корекції, блока розрахунку кореляційної матриці помилок, блока обчислення коефіцієнта підсилення, який **відрізняється** тим, що додатково введено вузол обробки позначок від групової цілі, який складений з блока виявлення групової цілі, блока усереднення позначок,
 - 10 блока фільтрації, блока перевірки достовірності, блока виявлення маневру і формування строга супроводження, причому вихід блока екстраполяції з'єднаний з другими входами блока віднімання і блока суматора, вихід блока обчислення коефіцієнта підсилення - з другим входом блока підсилювача, перший вхід блока аналізу та корекції з'єднаний з виходом блока віднімання, другий вхід - з виходом блока перевірки достовірності, а вихід - з другим входом блока екстраполяції, вхід блока формування строга супроводження з'єднаний з другим виходом
 - 15 блока фільтрації, а вихід - з другим входом блока виявлення групової цілі, другий вхід блока перевірки достовірності з'єднаний з виходом суматора, при цьому входом пристрою є входи блока віднімання та блока виявлення групової цілі, а виходами - виходи блока суматора, блока фільтрації і блока виявлення маневру.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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