



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 122637

(13) U

(51) МПК

G01S 1/32 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 04984**

(22) Дата подання заявки: **22.05.2017**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.01.2018**

(46) Публікація відомостей **25.01.2018, Бюл.№ 2**  
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Сотніков Олександр Михайлович (UA),  
Таршин Володимир Анатолійович (UA),  
Сидоренко Руслан Григорович (UA),  
Танцюра Олександр Борисович (UA),  
Мегельбей Ганна Василівна (UA),  
Грідін Володимир Іванович (UA),  
Резніченко Анатолій Іванович (UA),  
Срьоміна Наталія Сергіївна (UA)**

(73) Власник(и):

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

## (54) СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ВИРІШАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ КОРЕЛЯЦІЙНО-ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ЗА КРИТЕРІЄМ МАКСИМУМУ УЗАГАЛЬНЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб забезпечення корекції траєкторії літального апарата шляхом формування вирішальної функції кореляційно-екстремальних систем навігації за критерієм максимуму узагальненого коефіцієнта взаємної кореляції полягає у застосуванні класичного кореляційного алгоритму, що використовує порівняння поточного зображення з еталоном і ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості (дискретних двовимірних матриць інтенсивності). Вимірюють або відстань між зображеннями, або міру їх близькості та додатково формують матрицю часткових вирішальних функцій, побудованих для кожного з елементів розрізнення.

UA 122637 U



Корисна модель належить до навігації та управління рухом і може бути використана для оптимізації процесу визначення просторового положення літальних апаратів (ЛА), а також при створенні сучасних кореляційно-екстремальних систем навігації (КЕСН).

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, обраним як прототип, є "Спосіб забезпечення максимальних значень точності та імовірності місце визначення ЛА з КЕСН" [1], що передбачає застосування класичного кореляційного алгоритму, який використовує порівняння поточного зображення з еталоном і ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості (дискретних двовимірних матриць інтенсивності), при цьому вимірюється або відстань між зображеннями, або міра їх близькості.

Недоліком способу-прототипу є те, що він не забезпечує формування вирішальної функції (ВФ) КЕСН в умовах впливу перспективних спотворень (геометричних спотворень, що виникають в залежності від геометрії візування КЕСН).

В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб формування вирішальної функції кореляційно-екстремальних систем навігації за критерієм максимуму узагальненого коефіцієнта взаємної кореляції, який дозволить зменшити вплив перспективних спотворень на ефективність функціонування КЕСН.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі-прототипі, який передбачає застосування класичного кореляційного алгоритму, що використовує порівняння поточного зображення з еталоном і ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості (дискретних двовимірних матриць інтенсивності), при цьому вимірюється або відстань між зображеннями, або міра їх близькості, додатково формується матриця часткових вирішальних функцій, побудованих для кожного з елементів розрізнення.

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі полягає у забезпеченні корекції траєкторії ЛА КЕСН в умовах різного роду перспективних спотворень поточного зображення (ПЗ), які обумовлені геометрією візування і призводять до появи відмінностей ПЗ і еталонного зображення (ЕЗ).

На кресленні приведена реалізація запропонованого способу у вигляді структурної схеми алгоритму.

Суть запропонованого способу формування вирішальної функції кореляційно-екстремальних систем навігації за критерієм максимуму узагальненого коефіцієнта взаємної кореляції полягає у формуванні додаткової матриці часткових вирішальних функцій, побудованих для кожного з елементів розрізнення при застосуванні класичного кореляційного алгоритму, що використовує порівняння поточного зображення з еталоном і ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості (дискретних двовимірних матриць інтенсивності), при цьому вимірюється або відстань між зображеннями, або міра їх близькості.

Відповідно до узагальненої структурної схеми КЕСН, [2] вирішальна функція  $R(t, r, \theta)$ , що формується системою навігації має вигляд:

$$R(t, r, \theta) = F[S_{CI}(t, \theta), S_{RI}], \quad (1)$$

де  $t$  - параметр часу;

$r$  - вектор зсуву ПЗ  $S_{CI}(t, \theta)$  відносно ЕЗ  $S_{RI}(\theta)$ ;

$\theta$  - кут візування, що визначає перспективні спотворення поточного зображення  $S_{CI}(t, \theta)$ .

Модель поточного зображення  $S_{CI}(t, \theta)$ , з урахуванням впливу середовища розповсюдження та шумів приймальної системи, має вигляд:

$$S_{CI}(t, \theta) = F_{RS} \{F_{PM} [F_{OS}(\varepsilon(t), \mu(t))] n(t), \theta\}, \quad (2)$$

де  $F_{RS}$  - оператор первинної обробки інформації в приймальній системі КЕСН;

$F_{PM}$  - оператор середовища розповсюдження сигналів;

$F_{OS}$  - оператор, що описує яскравість (відбивну здатність) елементів поверхні візування (ПВ) в залежності від діелектричної  $\varepsilon(t)$  та магнітної  $\mu(t)$  проникностей об'єктів і фонів;

$n(t)$  - адитивний шум приймальної системи.

Така модель ПЗ справедлива в разі, якщо поворот ПЗ щодо ЕЗ відсутній. В іншому випадку модель ПЗ повинна враховувати геометричні спотворення, обумовлені геометрією візування.

Для урахування впливу перспективних спотворень використовується модель ПВ, яка враховує кореляційні властивості зображень ПВ та являє собою узагальнений телеграфний процес [2].

Вибір фрагмента місцевості для побудови ЕЗ здійснюється кореляційним методом на основі побудови взаємної кореляційної функції (ВКФ) та пошуку її максимального значення. Враховуючи нерівномірність спотворень зображення, пошук максимального значення ВКФ здійснюється шляхом побудови окремих ВКФ для кожного елемента розрізнення та побудови узагальненої ВКФ.

Для формування часткових вирішальних функцій для різних кутів візування використовується сукупність  $G$  еталонних зображень,  $G-1$  з яких побудовані з урахуванням виникнення перспективних спотворень зображення ПВ відповідно до виразу:

$$S_{RI} = ||S_{RI1}(\theta_1) S_{RI2}(\theta_2) \dots S_{RIG}(\theta_G)||, \quad (3)$$

5 де  $S_{RI1}(\theta_1)$ ,  $S_{RIG}(\theta_G)$  - ЕЗ, сформовані при наявності перспективних спотворень.

В подальшому відповідно до виразу (1) формуються часткові ВФ

$$R_q(t, r, \theta, \theta_q) = F[S_{CI}(t, \theta), S_{RI}(\theta_q)]. \quad (4)$$

Результати аналізу оцінки коефіцієнта кореляції та середньоквадратичної похибки суміщення ПЗ та ЕЗ з різною об'єктовою насиченістю свідчать про суттєвий вплив перспективних спотворень на ВФ, що обумовлює необхідність їх врахування при місцевизначенні КЕСН.

Визначення максимального значення коефіцієнта взаємної кореляції ПЗ та ЕЗ здійснюється шляхом одночасного формування сукупності часткових ВФ відповідно до виразу (4). При цьому максимальне значення  $R_q(t, r, \theta, \theta_q)$  забезпечується за умови  $|\theta - \theta_q| \rightarrow \min$ , виконання якої

$$\Delta R(\vec{r}) = |R_{g_{\max}}(t, r, \theta, \theta_g) - R_{g_{\max}}(t, r)| \rightarrow \min. \quad (5)$$

Одержані шляхом моделювання чисельні оцінки коефіцієнта взаємної кореляції та середньоквадратичної помилки суміщення ПЗ та ЕЗ з різною об'єктовою насиченістю дозволяють зменшити помилки місцевизначення КЕСН при використанні для прив'язки ділянок

ПВ з нормальною та низькою об'єктовою насиченістю, оскільки на ділянках ПВ з високою об'єктовою насиченістю точність прив'язки буде гіршою.

Таким чином уточнення місцевизначення КЕСН в умовах перспективних спотворень ПВ доцільно здійснювати шляхом формування матриці часткових ВФ, побудованих для кожного з елементів розрізнення, та визначення максимального значення узагальненої взаємної функції

кореляції, яка в свою чергу визначає як імовірність правильної локалізації об'єкта прив'язки на ПВ, так і точність місцевизначення КЕСН.

Джерела інформації

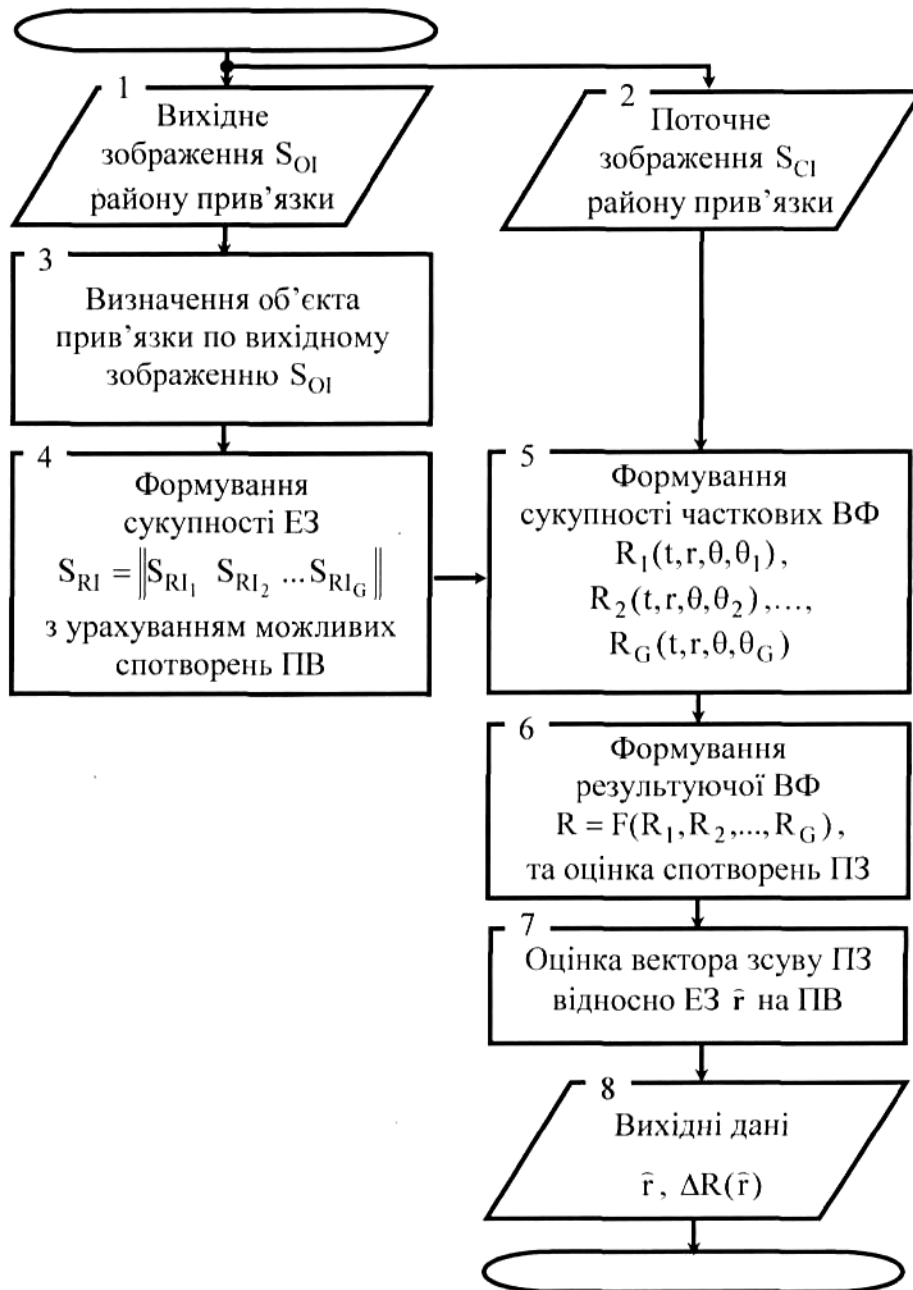
1. Баклицкий В.К. Корреляционно-экстремальные методы навигации и наведения / В.К. Баклицкий - Тверь: ТО «Книжный клуб», 2009. - 360 с.

2. Сотников А.М., Таршин В.А. Обоснование принципов построения и разработка модели корреляционно-экстремальной системы наведения комбинированного типа / А.М. Сотников, В.А. Таршин // Системи управління навігації та зв'язку. - К., 2012. - № 4(24). - С. 7-11.

3. Еремина Н.С. Обобщенная модель изображений поверхности визирования для представления в базах данных / Н.С. Еремина, Ю.В. Самсонов, А.М. Сотников // Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку. - Полтава, 2015. - №3 (35). - С. 77-79.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб забезпечення корекції траєкторії літального апарата шляхом формування вирішальної функції кореляційно-екстремальних систем навігації за критерієм максимуму узагальненого коефіцієнта взаємної кореляції, який полягає у застосуванні класичного кореляційного алгоритму, що використовує порівняння поточного зображення з еталоном і ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості (дискретних двовимірних матриць інтенсивності), при цьому вимірюють або відстань між зображеннями, або міру їх близькості, який **відрізняється** тим, що додатково формують матрицю часткових вирішальних функцій, побудованих для кожного з елементів розрізнення.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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