



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125328** (13) **C2**  
(51) МПК (2022.01)  
**H04N 1/56** (2006.01)  
**G06T 1/00**  
**G01C 21/00**  
**G06K 9/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2020 06058</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>22.09.2020</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>17.02.2022</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>24.02.2021, Бюл.№ 8</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>16.02.2022, Бюл.№ 7</b></p> <p>(72) Винахідник(и): <b>Полярус Олександр Васильович (UA), Поляков Євген Олександрович (UA), Лебединський Андрій Володимирович (UA), Медведовська Яна Сергіївна (UA), Коваль Андрій Олександрович (UA), Купко Олександр Данилович (UA)</b></p>	<p>(73) Володілець (володільці): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), <b>Полярус Олександр Васильович,</b> вул. Наталії Ужвій, 86, кв. 81, м. Харків, 61195 (UA), <b>Поляков Євген Олександрович,</b> вул. Тракторобудівників, 102-а, кв. 57, м. Харків, 61118 (UA), <b>Лебединський Андрій Володимирович,</b> вул. Державінська, 2, кв. 310, м. Харків, 61001 (UA), <b>Коваль Андрій Олександрович,</b> вул. Красnodарська, 171-а, кв. 28, м. Харків, 61176 (UA), <b>Медведовська Яна Сергіївна,</b> вул. Маршала Батицького, 20, к. 259, 260, м. Харків, 61038 (UA), <b>Купко Олександр Данилович,</b> вул. Маршала Рибалка, 24/17, кв. 80, м. Харків, 61099 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: CN 102269595 A, 07.12.2011 CN 106826815 A, 13.06.2017 CN 107256635 A, 17.10.2017 CN 107390681 B, 20.08.2019 CN 108981713 A, 11.12.2018 CN 110044358 A, 23.07.2019 CN 110400349 A, 01.11.2019 CN 110842918 A, 28.02.2020 CN 111144427 A, 12.05.2020 CN 111462231 A, 28.07.2020</p>
---	--

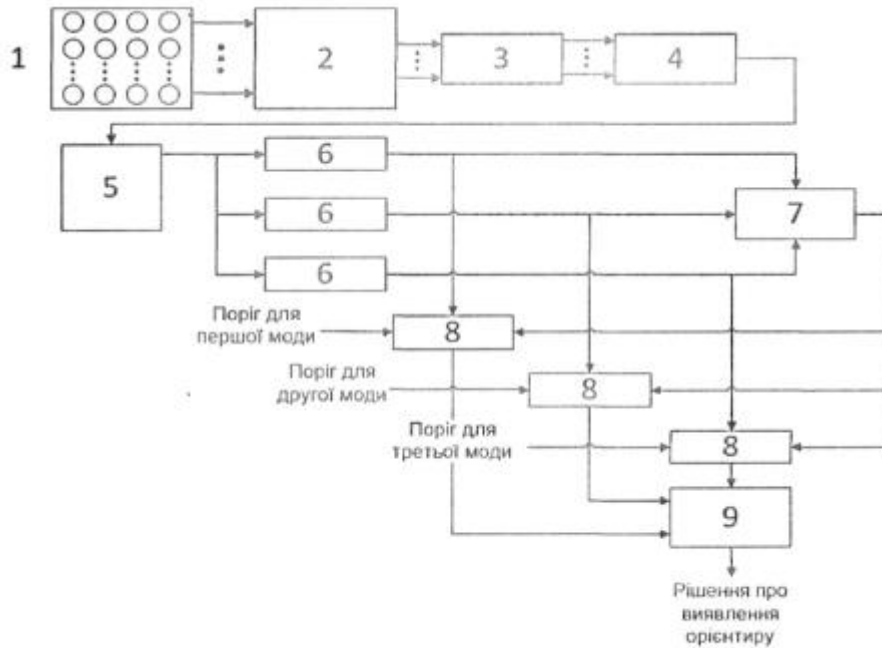
**(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ЦИЛІНДРОПОДІБНИХ ОРІЄНТИРІВ ПРИ НАВІГАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі навігації автономних мобільних роботів на незнайомій місцевості в умовах відсутності або обмежених можливостях GPS. Спосіб виявлення циліндроподібних орієнтирів при навігації автономних мобільних роботів за рахунок використання особливостей

UA 125328 C2

розподілу параметрів кольоровості орієнтира та навколишнього фону включає встановлення на автономному мобільному роботі відеокамери, з пікселів матриці зображення якої знімають сигнали, що пропорційні кольоровості червоного, зеленого та синього кольорів. Також проводять усереднення цих кольорів в кожному стовпці матриці і отримання середніх розподілів параметрів кольоровості вздовж горизонтальної координати матриці відеокамери. Далі розкладають середні розподіли на моди перетворення Гільберта-Хуанга, визначають в перших трьох модах стрибки або провали та порівнюють їх з пороговими рівнями параметра кольоровості, які відрізняються для кожної моди. При перевищенні порогових рівнів в двох або трьох модах на однаковій горизонтальній координаті матриці відеокамери приймають рішення про виявлення орієнтирів. Технічним результатом винаходу є можливість виявляти циліндроподібні орієнтири за параметрами кольоровості орієнтира та фону для випадків, коли останні слабо відрізняються між собою незалежно від виду фонові місцевості.



Фіг. 5

Винахід належить до дистанційних методів виявлення об'єктів і може застосуватися при навігації автономних мобільних роботів (ЛМР) на незнайомій місцевості в умовах відсутності або обмежених можливостях GPS за рахунок використання особливостей розподілу параметрів кольоровості орієнтира та навколишнього фону.

5 GPS відсутня на інших планетах, а в земних умовах існують чисельні області, де сигнали GPS практично не доходять до споживача внаслідок перекриття зони поширення сигналів, наприклад, горами, а об'єкти, що знаходяться під землею, взагалі не отримують такі сигнали. Крім того, на практиці можлива постановка навмисних та ненавмисних завод GPS на безпосередньо бортовій апаратурі робота, що може істотно зменшувати її ефективність.

10 Існують розподілені та зосереджені у просторі орієнтири. Для точного визначення координат робота відносно орієнтира розміри останнього бажано мати малими в горизонтальній площині, тобто доцільно використовувати зосереджені наземні орієнтири, що витягнуті у вертикальній площині. Типовим представником такого типу орієнтирів є дерев'яний, пластмасовий чи металевий стовп і навіть дерево з високо розміщеними гілками з листям. Такі об'єкти можна назвати циліндроподібними наземними орієнтирами. Приведені назви є некоректними для схожих орієнтирів на інших планетах, оскільки вони не є наземними і штучно створеними, однак там існують виділені у вертикальній площині скелі чи пагорби природного характеру, як показують фотографії, що вже зроблені на Місяці та інших космічних об'єктах і планетах.

20 Якщо наземний орієнтир розміщений в степу або на іншій рівнинній місцевості, то він легко виявляється багатьма активними засобами (радарями, ультразвуковими далекомірами, лазерними сканерами) тощо [Oleksandr Poliarus, Yevhen Poliakov, Lars Lindner. Determination of landmarks by mobile robot's vision system based on detecting abrupt changes of echo signals parameters. - The 44<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Washington D. C, USA, October 21-23, 2018, pp. 3165...3170]. Наявність будь-яких об'єктів біля наземного орієнтира істотно знижує ефективність його виявлення активними засобами, що обумовлено ненавмисними заводами, тобто відбитими хвилями від фонові місцевості, на якій знаходиться наземний орієнтир [Poliarus C), Poliakov Y. The Methods of Radar Detection of Landmarks by Mobile Autonomous Robots. In: Sergiyenko O., Flores-Fuentes W., Mercorelli P. (eds) Machine Vision and Navigation. Springer, Cham., 2020, pp. 171-196], Отже, відбиття електромагнітних та звукових хвиль від лісу, чагарнику, пагорбів, розподілених у просторі об'єктів штучного характеру "екранує" наземний орієнтир і він стає майже "невидимим" для активного засобу виявлення, оскільки ніяких відмінностей між параметрами сигналів, відбитих від орієнтира і фону немає. Головна технічна причина цього є відсутність доплерівського зсуву частоти відбитих сигналів, що обумовлено нерухомістю як наземного орієнтира, так і фонові місцевості.

35 Отже, для виявлення наземних орієнтирів апаратурою робота необхідно використовувати пасивні засоби виявлення наземних орієнтирів, до яких можна віднести інфрачервоні засоби та відеокамери. Між цими системами є схожість, але основна відмінність - вимоги до навколишньої обстановки. Інфрачервоні системи мають переваги при застосуванні в нічний час, а відеокамери - в денний. Такі системи добре вивчені, розроблені чисельні алгоритми розпізнавання образів, наприклад, [S. K. Nayar, X.-S. Fang, and T. Boulton. Separation of reflection components using color and polarization. - international Journal of Computer Vision, 1997, vol. 21, no. 3, pp. 163-186], [J. Yang, L. Liu, and S. Z. Li. Separating specular and diffuse reflection components in the MSI color space. - IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, 2013, pp. 891-898]. Для кожного об'єкта, що розпізнається, як правило, створюється окремий алгоритм розпізнавання. 40 Для АМР не є надто важливою операція розпізнавання. Більш важливим є виявлення наземного орієнтира. Дійсно, якщо робот виявив наземний орієнтир, то немає різниці, чи цей орієнтир є стовпом, чи стовбуром дерева. Головним є "прив'язка" робота до орієнтира, що здійснюється за рахунок визначення координат ЛМР відносно орієнтира. Методи такої "прив'язки" представлені в (Oleksandr Poliarus; Yevhen Poliakov; Oleg Sergiyenko; Vera Tyrsa; Wilmar Hernandez; Julia Nechitailo. Azimuth estimation of landmarks by mobile autonomous robots using one scanning antenna. Proceedings of IEEE 28th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2019), Vancouver, BC, Canada, 12-14 June 2019, pp. 1682-1687).

Таким чином, застосування активних методів виявлення наземних орієнтирів є недоцільним при наявності фонові відбиття електромагнітних або звукових хвиль. В цих умовах переваги мають пасивні засоби виявлення, зокрема, відеокамери.

Найбільш близьким за суттю до заявленого є спосіб, що приведений в [Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.]

60 Суть способу, який вибрано за найближчий аналог, зводиться до того, що з пікселів (датчиків) матриці відеокамери знімають три сигнали в цифровому вигляді R, G, B, що пропорційні відповідно інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів зображення. Для

практичних застосувань використовують значення відносних координат кольоровості [H Guo. *Modern Mathematics and Applications in Computer Graphics and Vision*, 2014, doi: 10.1038/nn949.], які в комп'ютерах для кожного з трьох кольорів можуть бути рівними числам від 0 до 255. Багато інших кольорів також створюють, вибравши координати червоного, зеленого та синього кольорів. Координати кольорів орієнтира і фону визначають датчиками (пікселями), розміщеними на матриці відеокамери. Інформацію про ці координати (три числа  $R$ ,  $G$ ,  $B$ ) беруть від кожного датчика. Відеокамера іншого виробника може надати інші значення координат кольоровості для того ж зображення. На практиці порівняння таких координат орієнтира та фону здійснюють однією камерою, тому результати виявлення орієнтира не залежать від виробника. Координати кольоровості фону і орієнтира є випадковими і змінюються не тільки у просторі, але і в часі, внаслідок хаотичного руху листя, зміни умов світла через перекриття сонячного світла хмарами тощо. Тому вимірювані значення - це реалізації випадкових процесів координат кольоровості.

Після отримання координат кольоровості  $R$ ,  $G$ ,  $B$  шляхом порівняння інтенсивності кольорів виділяють області у вертикальній площині матриці пікселів, в яких є істотна відмінність інтенсивності кольору від інших областей. Наявність двомірної картини розподілу інтенсивності кольорів зображення на матриці є основою для розпізнавання елементів зображення. Такі алгоритми є складними і мають вузьку область застосування, тобто придатні для розпізнавання дуже вузького кола об'єктів зображення. Реально стовп може бути частково перекритий, наприклад, гілками дерев з листям і тоді виявлення і розпізнавання наземних орієнтирів стає проблематичним.

Недолік найближчого аналогу обумовлений тим, що він має низьку ефективність, тобто малу ймовірність виявлення наземних орієнтирів у вигляді стовпа в нестандартних умовах перекриття його зображення іншими зображеннями.

Задачею винаходу є забезпечення заданої ймовірності виявлення наземних циліндроподібних орієнтирів при фіксованому рівні ймовірності хибної тривоги в широкому діапазоні умов освітлення, кольорів зображення, впливу заважаючих факторів тощо.

Суть винаходу. Поставлену задачу вирішують тим, що замість обробки двомірного зображення, тобто залежностей  $R$ ,  $G$ ,  $B$  від горизонтальної та вертикальної координат матриці відеокамери використовують одномірні розподіли залежностей координат кольоровості  $R(x), G(x), B(x)$  від горизонтальної координати матриці  $x$ . Оскільки навігаційним завданням робота є виявлення вертикально розміщеного орієнтира, то має сенс визначити середнє значення координат кольоровості пікселів у стовпчику. Колір пікселів стовпців матриці камери, що належить орієнтиру, майже однаковий вздовж вертикальної координати, особливо коли зображення орієнтира займає більшу частину кадру вздовж цієї координати. Усереднення координат кольорів  $R$ ,  $G$ ,  $B$  в інших стовпцях кадру дає деякі значення, які часто відрізняються від параметрів  $R$ ,  $G$ ,  $B$  орієнтира. Це забезпечує основу для виявлення орієнтирів на фоні довільної місцевості. Значення координат  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , усереднених всередині кожного стовпця, називають параметрами кольоровості зображення.

Якщо параметри кольоровості орієнтира та фону суттєво відрізняються, то ймовірність виявлення орієнтира є близькою до одиниці. В запропонованому способі розглядається випадок слабкої відмінності параметрів кольоровості орієнтира та фону, а за рахунок спеціальних рішень досягається для таких умов висока ймовірність виявлення наземного циліндроподібного орієнтира. Суть зазначених рішень зводиться до наступного.

Для виявлення циліндроподібних наземних орієнтирів шукають ознаки, які можуть існувати не тільки в розподілі параметрів кольоровості, але і в складових цього розподілу. Однак, слід зазначити, що розкладання функцій  $R(x), G(x), B(x)$  на окремі компоненти може призвести до зникнення стрибків і провалів, а якраз вони є ознаками наявності орієнтирів. Оскільки вид розподілу  $R(x), G(x), B(x)$  значно залежить від типу місцевості, розкладання має бути прийнятним для неоднорідних розподілів (полів), що є аналогом нестационарних процесів, які змінюються з часом. Як показали дослідження авторів, перетворення Гільберта-Хуанга [N. Huang and S. Shen. *Hilbert-Huang Transform and Its Applications. -Interdisciplinary Mathematical Sciences*, 2014] в моди (компоненти) є прийнятними для неоднорідних випадкових полів та нестационарних випадкових процесів. Вимірювальні аспекти отримання мод Гільберта-Хуана наведені в [O. Poliarus, S. Ianushkevych, A. Koval, A. Lebcdynskyi, Y. Mcdvedovska and Y. Poliakov. *Influence of Measurements Uncertainty on Uncertainty of Gilbert-Huang Transform Modes. -Proceedings of 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL 2019, Sozopol, Bulgaria, 6-8 September, 2019, pp. 644...647. doi: 10.1109/caol46282.2019.90195121. Результати декомпозиції параметрів кольоровості на моди Гільберта-Хуанга показані на фіг. 1 та фіг. 2, які належать до різних типів фонової місцевості.*

Слід зазначити, що постійна складова розкладання Гільберта-Хуанга віднімається від значень параметрів кольоровості мод  $i$ , як результат, значення цих параметрів можуть бути від'ємними, але для завдання виявлення орієнтирів це не має істотного значення. Подібні моди були отримані для фотографій різних місцевостей з орієнтирами. Аналіз цих розподілів показує, що характерні особливості для виявлення орієнтирів зосереджені в перших модах Гільберта-Хуанга, кількість яких для розглянутих розподілів параметрів кольоровості становить приблизно 8. В модах з номером більше трьох стрибки (провали) параметрів кольоровості не виявлені. Параметри кольоровості стрибків (провалів), що викликані орієнтиром, спостерігаються на обох рисунках у всіх трьох перших модах. Аналогічні стрибки (провали) спостерігаються на всіх 100 реалізаціях параметрів кольоровості на різних зображеннях, що вибирались авторами, на яких орієнтири візуально слабо відрізнялись від фону. Це може бути ознакою для виявлення наземних орієнтирів. Однак, в першій моді (фіг. 1), існує не тільки стрибок параметрів кольоровості, що обумовлений наявністю орієнтира, але і стрибок, що викликаний іншими причинами. Такий стрибок можна ідентифікувати як такий, що збільшує ймовірність хибної тривоги. Позбавлення від хибних орієнтирів можна реалізувати, наприклад, такими методами: 1) перевіркою наявності стрибків у перших двох чи навіть трьох модах Гільберта-Хуанга в одному місці на кадрі (матриці відсокамери); 2) застосування методу усереднення фонового розподілу параметрів кольоровості; 3) комплексне використання інших методів виявлення орієнтирів, що ґрунтуються на різних фізичних принципах.

Якщо на фотографії окрім стовпів є інші вертикально розміщені об'єкти, то в першій моді є декілька стрибків від таких об'єктів і в таких умовах проблема виявлення орієнтирів є погано визначеною. Зайві орієнтири на обмеженій території ускладнюють навігаційне завдання автономного мобільного робота. Далі вважається, що кількість наземних орієнтирів у зоні огляду камери дорівнює одиниці.

Як впливає з фіг. 1 та фіг. 2 та інших подібних фігур, отриманих авторами при моделюванні, найбільш ефективним критерієм для виявлення наземного орієнтира є діапазон  $\Delta u$  - значень параметрів кольоровості вздовж вертикальної координати розподілу  $R(x)$ ,  $G(x)$ ,  $B(x)$  в першій та другій модах перетворення Гільберта-Хуанга. Оскільки значення параметрів кольоровості в першій моді можуть бути від'ємними, діапазон  $\Delta u$  визначається максимальним значенням різниці між позитивним і від'ємним значеннями параметрів кольоровості для кожної горизонтальної координати. Закони розподілу  $\Delta u$  для фону (фіг. 2)) для перших трьох мод, що отримані по 100 реалізаціях параметрів кольоровості, показані на фіг. 3. З фіг. 3 випливає, що дисперсія флуктуацій параметрів кольоровості для третьої моди значно більша, ніж для першої і другої, що приводить до висновку про доцільність використання першої і другої моди Гільберта-Хуанга для виявлення наземного орієнтира.

Критерієм виявлення орієнтира може бути вибраний поріг, перевищення якого стрибком або провалом означає позитивний результат. Такі висновки можна зробити лише в статистичному сенсі. Якщо процес випадкової кольоровості має велику дисперсію, то навіть при великому порозі можна вважати, що об'єкт, який не знаходиться в зоні огляду відеокамери, може бути неправильно виявлений як орієнтир. Це випадок помилкового або хибного виявлення. Пороговий рівень суттєво впливає на ймовірність виявлення орієнтира та хибної тривоги, і ці характеристики можуть відрізнятися для камер різних виробників. Перевищення порогу за параметром кольоровості за статистичним критерієм Граббса [H. Kricgel, P. Kroger, E. Schubert and A. Zimek. Outlier Detection in Arbitrarily Oriented Subspaces. - 2012 IEEE 12th International Conference on Data Mining, 2012] та рівнем значущості 0,01 означає наявність стрибка (провалу) або орієнтира.

Для визначення ймовірності виявлення орієнтира  $D$  та хибної тривоги  $F$  встановлюється поріг стрибка (провалу)  $\Delta u_0$  для прийняття рішення. У цьому випадку бажано використовувати формули, що є загальноприйнятими в радіолокації [Под ред. Ширмана Я. Д. Теоретические основы радиолокации. - М.: Сов. радио, 1970.-560 с]:

$$D = \int_{\Delta y_0}^{\infty} W_{\phi}(\Delta y) d\Delta y, \quad (1)$$

$$F = \int_{\Delta y_0}^{\infty} W_{\phi}(\Delta y) d\Delta y, \quad (2)$$

де  $W_{\phi}(\Delta y)$  - закон розподілу стрибків (провалів) параметрів кольоровості для фону, а  $W_{o\phi}(\Delta y)$  - закон розподілу стрибків параметрів кольоровості від орієнтира разом з найближчим фоном.

Криві ймовірності виявлення орієнтира при різних значеннях ймовірності хибної тривоги  $F$  показані на фіг. 4. Суцільна лінія відповідає  $F=0.01$ , пунктирна лінія -  $F=0.05$ , і штрихпунктирна лінія –  $F=0.1$ . Вибравши пороговий рівень  $\Delta y_0$  для конкретного типу фону, можна забезпечити необхідні значення ймовірності виявлення орієнтира  $D$  та хибної тривоги  $F$ . Тому проблема налаштування адаптивного порогу  $\Delta y_0$  є важливою та актуальною.

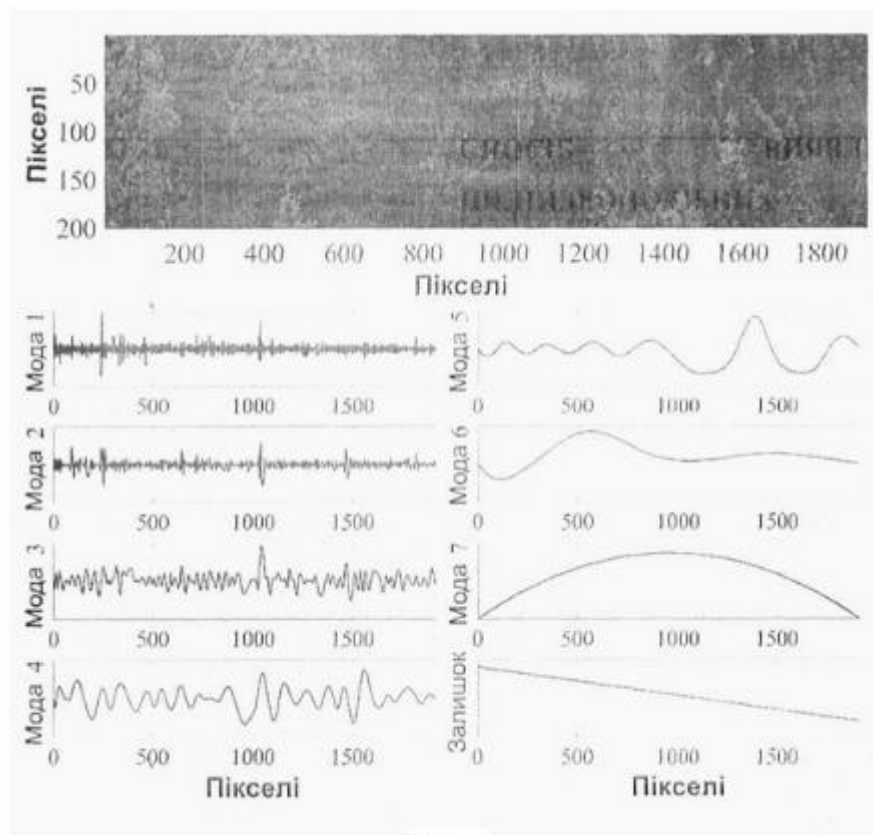
З фіг. 4 випливає, що для отримання однакових значень ймовірності виявлення орієнтирів потрібні невисокі відношення  $q$  середнього значення параметрів кольоровості від орієнтира до того ж значення від фону. Залежно від типу місцевості воно складає приблизно 1.1...1.8. Незважаючи на те, що отримані криві виявлення стосуються чітко визначених ситуацій, їх узагальнення дає практичні рекомендації. Дійсно, для кожного фону криві виявлення орієнтирів будуть різними, однак застосування запропонованого способу збільшує ймовірність виявлення орієнтирів, принаймні у багатьох випадках.

Структурна схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб для одного з кольорів  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , представлена на фіг. 5. З кожного пікселя стовпця матриці відеокамери 1 знімають сигнал, що пропорційний параметру кольоровості. Потім цей сигнал подають на багатоканальний суматор 2 і багатоканальний подільник 3, який ділить сумарний сигнал в кожному каналі на кількість пікселів у стовпці матриці відеокамери 1. Кількість каналів суматора 2 і подільника 3 дорівнює кількості стовпців матриці, а кожний стовпець відповідає визначеній координаті  $x$  матриці відеокамери. З кожного каналу подільника сигнал подають на додаткову матрицю 4, яка аналогічна матриці відеокамери, в якій створюється один з розподілів параметрів кольоровості  $R(x), G(x)$  або  $B(x)$ , тобто функція, яку спрямовують на блок 5 розкладання функцій  $R(x), G(x), B(x)$  на моди Гільберта-Хуанга [N. Huang and S. Shen. Hilbert-Huang Transform and Its Applications. - Interdisciplinary Mathematical Sciences, 2014]. Цей блок реалізують в комп'ютері з допомогою програм перетворення Гільберта-Хуанга, причому деякі з них уже реалізовані в нових версіях математичного пакета Matlab. З виходу блока 5 сигнали перших трьох мод подають на три блоки 6 оцінки та селекції стрибка параметра кольоровості. В них стрибок визначають як різницю між максимальним (додатним) та мінімальним (від'ємним) значеннями параметра кольоровості на невеликій ділянці змінювання горизонтальної координати  $\Delta x$  матриці відеокамери. З виходу всіх блоків 6 сигнали стрибків параметрів кольоровості направляють на схему співпадіння 7 стрибків по горизонтальній координаті  $x$ . Співпадіння стрибків параметрів кольоровості означає, що стрибки обумовлені наявністю наземного орієнтира на координаті  $x$ . Неспівпадіння є ознакою відсутності орієнтира на зазначеній координаті. Можливе співпадіння на декількох координатах у випадку наявності декількох орієнтирів. При співпадінні стрибків параметрів кольоровості вихідний сигнал схеми співпадіння 7 подають на три схеми порівняння 8. У випадку відсутності такого сигналу схеми порівняння 8 блокуються, що свідчить про відсутність в зоні огляду відеокамери якого-небудь наземного орієнтира. При наявності орієнтира схеми порівняння 8 відкриті. На один з входів схем порівняння подають сигнал стрибка першої, другої або третьої мод Гільберта-Хуанга. Кожна з схем порівняння 8 призначена для порівняння стрибків параметрів кольоровості першої, другої або третьої мод з пороговими сигналами, які відрізняються для кожної з мод і визначаються наперед на основі статистичної обробки параметрів кольоровості з урахуванням завдань, які повинен виконувати автономний мобільний робот. З виходів трьох схем порівняння сигнали надсилають на входи схеми АБО 9. Наявність трьох або двох сигналів на входах цієї схеми означає, що орієнтир в зоні огляду відеокамери на визначеній координаті  $x$  матриці виявлений. Ймовірність виявлення орієнтира оцінюють за перевищенням амплітуди стрибка над пороговим сигналом. Вибір порогового сигналу пов'язаний з рівнем хибної тривоги.

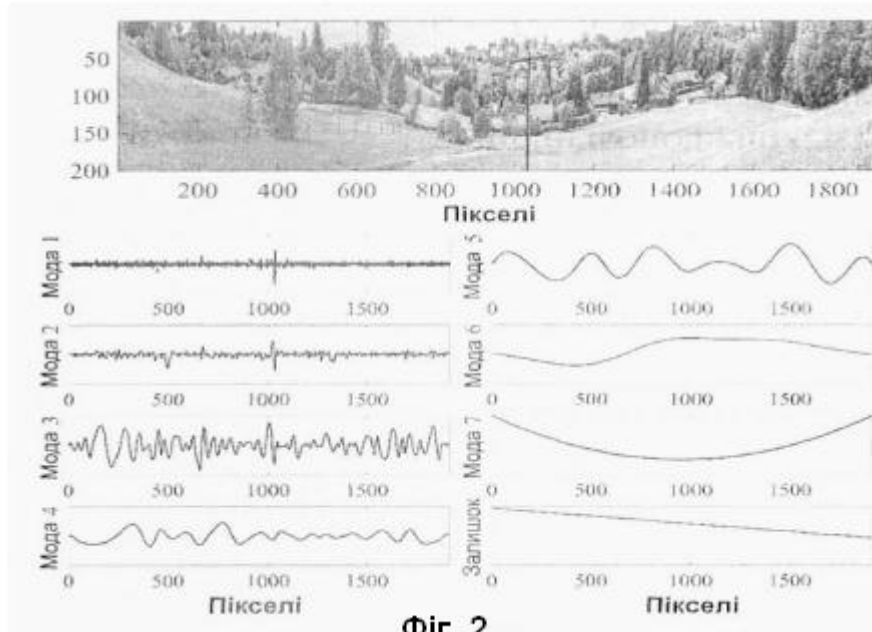
Головною перевагою запропонованого способу є можливість забезпечення заданого рівня ймовірності виявлення циліндроподібного орієнтира при фіксованому рівні ймовірності хибної тривоги на фоні місцевості, що слабо відрізняється по кольору від орієнтира. Якщо колір орієнтира значно відрізняється від кольорів фону, ймовірність виявлення такого орієнтира наближається до одиниці. При відсутності відмінностей між кольорами орієнтира та фону ймовірність виявлення орієнтира близька до нуля. У цьому випадку повинні використовуватись методи виявлення, що ґрунтуються на інших фізичних принципах. Таким чином, в більшості випадків досягається необхідна ефективність запропонованого способу, тобто задана ймовірність виявлення наземного орієнтира при фіксованій ймовірності хибної тривоги.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

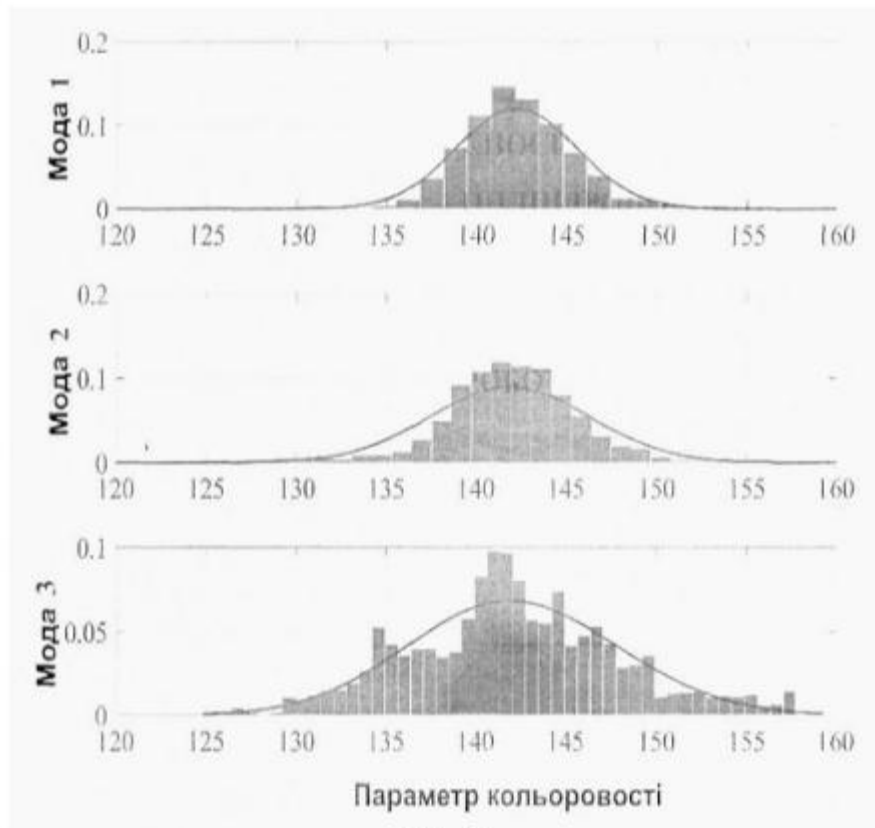
Спосіб виявлення циліндроподібних орієнтирів при навігації автономних мобільних роботів, який полягає в тому, що з пікселів матриці відеокамери, яка встановлена на роботі, знімають три сигнали в цифровому вигляді, що пропорційні інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів зображення, шляхом порівняння інтенсивності кольорів виділяють вузькі області у вертикальній площині матриці пікселів, в яких є істотна відмінність інтенсивності кольору від інших областей, тобто існує деяка ймовірність наявності наземного орієнтира, який **відрізняється** тим, що з кожного стовпця пікселів матриці зображення відеокамери подають на відповідні канали суматора, складають і ділять в багатоканальному подільнику на кількість пікселів, що містяться у стовпці матриці, а з виходів подільника середні значення інтенсивності трьох кольорів подають на додаткову матрицю, в якій створюють розподіл інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів вздовж горизонтальної координати матриці, що відповідає: конкретному зображенню відеокамери, розкладають зазначений розподіл інтенсивності на моди Гільберта-Хуанга в блоці розкладання, за різницею максимальних та мінімальних значень інтенсивності кольорів на малих ділянках горизонтальної координати матриці виявляють стрибки або провали параметрів кольоровості в перших трьох модах перетворення Гільберта-Хуанга у відповідних трьох блоках оцінки та селекції стрибка параметра кольоровості і порівнюють зазначені стрибки або провали у відповідних трьох схемах порівняння з наперед встановленим пороговим рівнем параметра кольоровості, що відрізняється для кожної моди і який визначають на основі статистичних даних, що описують цей параметр, сигнали з виходів трьох блоків оцінки та селекції стрибка параметра кольоровості подають також на входи схеми співпадиння стрибків або провалів по горизонтальній координаті додаткової матриці, з виходів схеми співпадиння сигнали спрямовують на відповідні входи трьох схем порівняння, які відкривають при наявності двох або трьох співпадинь стрибків чи провалів або закривають при їх відсутності, а з виходів трьох схем порівняння сигнали подають на входи схеми АБО і при наявності вихідного сигналу цієї схеми приймають рішення про виявлення наземного орієнтира.



Фіг. 1



Фіг. 2

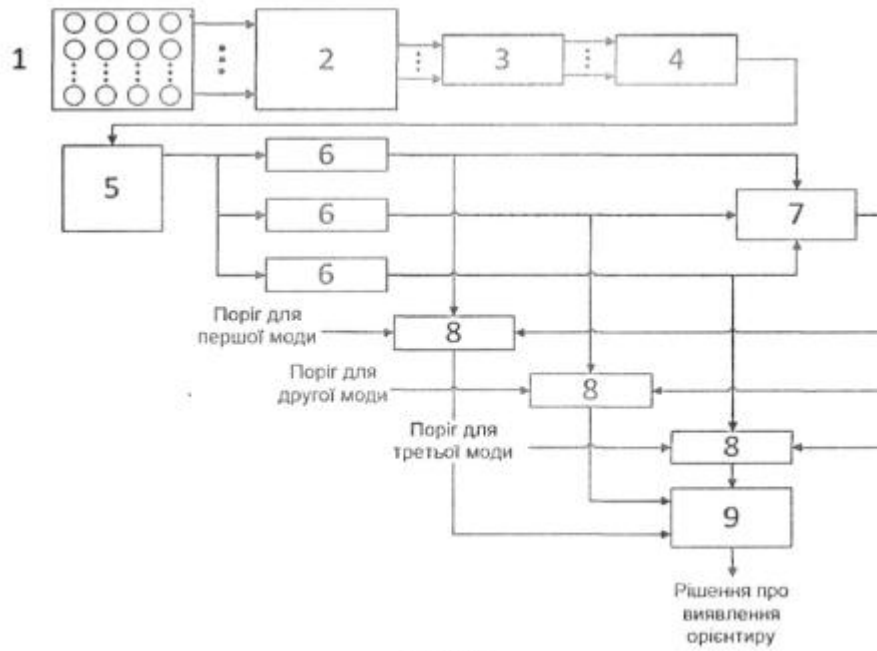


Фіг. 3





Фіг. 4



Фіг. 5