



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 158889

(13) U

(51) МПК

H04N 1/56 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2024 03738</b>	(72) Винахідник(и): <b>Полярус Олександр Васильович (UA), Хоменко Юрій Сергійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>22.07.2024</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, буд. 25, м. Харків, 61002 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>03.04.2025</b>	(74) Представник: <b>Азарова Алла Володимирівна</b>
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>02.04.2025, Бюл.№ 14</b>	

## (54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ЦИЛІНДРОПОДІБНИХ НАЗЕМНИХ ОРІЄНТИРІВ ПРИ НАВІГАЦІЇ АУТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

### (57) Реферат:

Спосіб виявлення циліндроподібних наземних орієнтирів при навігації автономних мобільних роботів 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. Значення інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів в кожному стовпці пікселів матриці зображення відеокамери складають і ділять на кількість пікселів у стовпці матриці. Середні значення інтенсивності трьох кольорів у кожному стовпці створюють розподіл інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів вздовж горизонтальної координати матриці, що відповідає конкретному зображенню відеокамери. Для розширення умов застосування способу при довільних радіусах кореляції кольорів фонового зображення просторовий розподіл середньої інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів диференціюють по горизонтальній координаті матриці зображення, і отриманий модуль похідної помножують на модуль різниці між поточним та середнім значеннями інтенсивності кожного з трьох кольорів окремо. Максимальне значення цього добутку порівнюють з пороговим значенням, яке попередньо визначають для конкретних умов навігації автономного мобільного робота зі статистичних даних. При перевищенні порогового значення хоча б в одному з трьох каналів червоного, зеленого та синього кольорів приймається рішення про виявлення наземного орієнтира автономним мобільним роботом.

UA 158889 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до дистанційних методів виявлення об'єктів і може застосуватися при навігації автономних мобільних роботів (AMP) на незнайомій місцевості в умовах відсутності або обмежених можливостях GPS за рахунок врахування яких-небудь відмінностей між кольором наземного орієнтира та навколишнього фону на матриці зображення.

5 GPS відсутня на інших планетах, а в земних умовах існують області, де сигнали GPS практично не доходять до споживача внаслідок різних причин. Крім того, на практиці можлива постановка навмисних та ненавмисних завод GPS, що може істотно зменшувати її ефективність.

10 Існують наземні орієнтири, які можуть бути розподіленими або зосередженими у просторі. Для точного визначення координат AMP відносно орієнтира розміри останнього повинні бути невеликими в горизонтальній площині. Отже, "прив'язка" робота є найбільш ефективною при використанні зосереджених наземних орієнтирів, що витягнуті у вертикальній площині. До таких орієнтирів належить, наприклад, дерев'яний, бетонний чи металевий стовп або дерево з високорозміщеною кроною. Такі об'єкти можна назвати циліндроподібними наземними орієнтирами або просто циліндроподібними орієнтирами, щоб поширити галузь застосування заявки для умов інших планет.

15 Якщо наземний орієнтир розміщений на рівнинній місцевості, то він просто виявляється багатьма активними тобто випромінюючими засобами (радарами, 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 перебуває наземний орієнтир [Poliarus O., 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 ультразвукових хвиль від лісу, чагарника, пагорбів та розподілених у просторі різних об'єктів штучного характеру "екранує" наземний орієнтир і тому в таких умовах його неможливо виявити активними засобами виявлення, оскільки ніяких відмінностей між параметрами сигналів, відбитих від орієнтира, і фону немає. Основна причина – відсутність доплерівського зсуву частоти відбитих сигналів, що обумовлено нерухомістю як наземного орієнтира, так і фонові місцевості.

20 Отже, для виявлення наземних орієнтирів апаратурою робота доцільно 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 HSI color space. - IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, 2013, pp. 891-898]. Для кожного об'єкту, що розпізнається, як правило, створюється окремий алгоритм розпізнавання. Для AMP найбільш важливою є операція виявлення орієнтира, а не його розпізнавання. 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 AMP відносно орієнтира. Методи такої "прив'язки" представлені в [O. Poliarus, Y. Poliakov, A. Lebedynskyi. Detection of landmarks by autonomous mobile robots using camera-based sensors in outdoor environments. - IEEE Sensors Journal, 2021, vol. 21, issue 10, pp. [11443-11450](#)].

25 Отже, застосування активних методів виявлення наземних орієнтирів апаратурою AMP є недоцільним при наявності фонові відбиття електромагнітних чи звукових хвиль. В цих умовах набувають переваги пасивні засоби виявлення, зокрема, відеокамери.

30 Найближчим аналогом є спосіб виявлення циліндроподібних наземних орієнтирів при навігації автономних мобільних роботів [Патент на корисну модель № 146486, Полярус О.В., Поляков Є.О., Лебединський А.В., Медведовська Я.С., Коваль О.А., Богатов О.І., Купко О.Д., 24.02.2021, Бюл. № 8], у якому 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/n949.], які в комп'ютерах для кожного з трьох кольорів можуть бути рівними числам в діапазоні від 0 до 255. Інші кольори створюються шляхом комбінації інтенсивностей зазначених трьох кольорів. Орієнтир і координати кольорів фону визначають датчиками (пікселями) на основі 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 в просторі, але і в часі, внаслідок хаотичного руху листя, зміни умов світла через перекриття сонячного світла хмарами тощо. Тому вимірювані значення - це реалізація випадкових процесів координат кольоровості.

Наявність двомірної картини розподілу інтенсивності кольорів зображення на матриці зображення є основою для розпізнавання навколишніх об'єктів. В найближчому аналогу замість обробки двомірного зображення використовують більш прості одномірні розподіли залежностей координат кольоровості R(x), G(x), B(x) від горизонтальної координати матриці x. Тут R(x), G(x), B(x) означають залежності середніх значень координат кольору пікселів (їх кольоровість) в стовпцях від положення стовпців на матриці зображення. Колір пікселів стовпців матриці камери, що належить орієнтира, майже однаковий, якщо зображення орієнтира займає більшу частину кадру вздовж вертикальної координати. Усереднення координат кольорів R, G, B в інших стовпцях кадру з неоднорідним кольором 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 найближчому аналогу розглядається випадок слабкої відмінності параметрів кольоровості орієнтира та фону, а за рахунок спеціальних рішень (накопичення зсунутих зображень) досягається для таких умов висока ймовірність виявлення наземного циліндроподібного орієнтира. Суть цих рішень зводиться до наступного.

Відеокамера для виявлення орієнтира виконує сканування вздовж горизонтальної координати з кутовою швидкістю  $\Omega$  і протягом часу  $t_c = \frac{\theta_c}{\Omega}$  проходить через зону огляду з кутовою шириною  $\theta_c$ . Для кожної дискрети часу  $t_k = k \cdot \Delta t$ ,  $k = 0, 1, \dots, m-1$  завдяки скануванню камери створюють розподіл параметрів кольоровості R, G, B по горизонтальній координаті x матриці зображення відеокамери, причому число m дорівнює цілій частині співвідношення  $\frac{t_c}{\Delta t}$  де  $\Delta t$  - малий дискретний час.

Для узагальнення кожний поточний розподіл R(x), G(x), B(x) для k-го зображення позначають вектором  $\bar{y}_k$ , який містить n чисел, що відповідають кількості пікселів уздовж горизонтальної координати. Орієнтир на зображенні займає кілька (приблизно 30) стовпців пікселів залежно від ширини орієнтира та відстані до нього. Залежності трьох параметрів кольоровості R(x), G(x), B(x) від розташування орієнтира схожі. Тому аналізують не всі три залежності, а лише ту, де різка зміна параметра кольоровості є найбільшою. Далі ця залежність позначається як  $\bar{y}_k(x)$  для k-го моменту часу сканування камери, тобто вона визначається положенням пікселя в рядку матриці камери, кількість яких дорівнює n. Векторний символ означає, що кожен з пікселів пов'язаний зі значенням параметра кольоровості, що призводить до залежностей R(x), G(x), B(x). Поява провалу або стрибка параметра кольоровості залежить від співвідношення кольору орієнтира та кольорів фону, рівня освітленості та інших причин.

Як впливає з аналізу реалізацій випадкових процесів R(x), G(x), B(x), наявність орієнтирів призводить до різких змін цих реалізацій у певному просторовому секторі або в певній частині зображення, тобто до їх "стрибків" чи "провалів". Тому критерієм виявлення орієнтира вибирають поріг, перевищення якого стрибком або провалом вказує на позитивний результат. Такі висновки здійснюють лише в статистичному сенсі. Якщо процес випадкової кольоровості має велику дисперсію, то навіть при великому порозі можна зробити висновок, 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 порога за параметром кольоровості за статистичним критерієм Граббса [H. Kriegel, 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.

Аналіз розподілу параметрів кольоровості для різних фонів показує, що виявлення орієнтирів за критерієм наявності стрибка (провалу) на фоні довільної місцевості не завжди можливо, оскільки цей стрибок часто малий порівняно з флуктуаціями параметрів кольоровості фону. Велика дисперсія цих флуктуацій не дає змоги вибрати невеликий поріг, перевищення якого буде ознакою виявлення орієнтирів. Щоб в процесі згладжування параметра кольоровості не знищити сам стрибок цього параметра, краї параметрів кольоровості біля стрибка не згладжують.

Для виявлення малопомітних наземних орієнтирів навколишній простір сканують в азимутальній площині з допомогою відеокамери. Зображення фіксують через рівні проміжки часу  $i$ , як наслідок, отримують  $m$  векторів  $\bar{Y}_k(x)$ . Перший вектор  $\bar{Y}_1(x)$ , що описує перше зображення, затримують на час  $(m-1) \cdot \Delta t$ , другий - на час  $(m-2) \cdot \Delta t$  і т. д., а останній вектор  $\bar{Y}_m(x)$  зовсім не затримується. Затримка означає збереження вектору (набору  $n$  чисел) у пам'яті комп'ютера протягом певного часу. З часом  $m \cdot \Delta t$  усі зміщені в часі вектори додаються. Якщо стрибок від орієнтира з'явився на першому зображенні, то очікують, що він буде на всіх або більшості зображень. Завдяки затримці розподілу параметрів кольоровості досягається приблизне вирівнювання часу, коли в кожному зображенні є стрибок (або провал) цих параметрів. В результаті амплітуда загального стрибка (провалу) може бути великою. Поряд із підсумовуванням невеликих стрибків від орієнтира випадкові параметри кольоровості  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , що описують фон зображення, також підсумовують, а тому іноді збільшення амплітуди стрибка або провалу відносно фону може не відбуватися. Це типова ситуація для зображень (векторів  $\bar{Y}_k(x)$ ), які мають високий радіус кореляції флуктуацій параметрів кольоровості. Цей метод вибору стрибків (провалів) відносно фону неприйнятний у більшості практичних випадків.

Найближчий аналог вимагає попереднього виявлення стрибка (провалу) в розподілі параметрів кольоровості, і для цього встановлюється поріг виявлення орієнтира. Він може навіть трохи перевищувати стандартне відхилення флуктуацій параметрів, яке легко обчислюється з отриманого розподілу на зображенні. Перевищення цього порога означає наявність орієнтира, але значення ймовірності хибної тривоги може бути високою. Після усереднення зміщених залежностей  $R(x)$ ,  $G(x)$ ,  $B(x)$  фонових значень аналогічні розподіли в місцях стрибків (провалів) також усереднюють. Якщо останні не спричинені орієнтиром, амплітуда в цілому зменшується. Це є процесом селекції хибних орієнтирів, які сприймаються роботом як справжні.

Недолік найближчого аналогу обумовлений тим, що він є недостатньо ефективним при великих радіусах кореляції флуктуацій кольоровості фонового зображення, коли накопичення кольоровості від парціальних зображень не приводить до його відносного збільшення в тих місцях матриці, де розміщений наземний орієнтир.

Задачею корисної моделі є зменшення залежності результатів виявлення циліндроподібних наземних орієнтирів від просторової кореляції кольоровості фонового зображення і тим самим спрощення корисної моделі та розширення умов її застосування без зниження ймовірності виявлення наземних циліндроподібних орієнтирів при фіксованому рівні ймовірності хибної тривоги в широкому діапазоні умов фонового освітлення та кольорів, впливу заважаючих факторів тощо.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб виявлення циліндроподібних наземних 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, значення інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів в кожному стовпці пікселів матриці зображення відеокамери складають і ділять на кількість пікселів у стовпці матриці, внаслідок чого середні значення інтенсивності трьох кольорів у кожному стовпці створюють розподіл інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів вздовж горизонтальної координати матриці, що відповідає конкретному зображенню відеокамери, згідно з корисною моделлю, для розширення умов застосування способу при довільних радіусах кореляції кольорів фонового зображення просторовий розподіл середньої інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів диференціюють по горизонтальній координаті матриці зображення і отриманий модуль похідної помножують на модуль різниці між

поточним та середнім значеннями інтенсивності кожного з трьох кольорів окремо, а максимальне значення цього добутку порівнюють з пороговим значенням, яке попередньо визначають для конкретних умов навігації автономного мобільного робота зі статистичних даних і при перевищенні порогового значення хоча б в одному з трьох каналів червоного, зеленого та синього кольорів приймається рішення про виявлення наземного орієнтира автономним мобільним роботом.

У запропонованому способі як і в найближчому аналозі, аналізують залежність середнього значення кольору зображення в стовпці матриці, тобто кольоровість, від номеру стовпця. Якщо циліндроподібний орієнтир займає весь кадр або його частину (фіг. 1), то його колір буде майже однаковим в стовпцях, що охоплюють цей орієнтир. Колір в інших стовпцях матриці зображення буде відрізнятися по рядкам. Як наслідок, середнє значення кольору в стовпцях (кольоровість) з великою ймовірністю буде відрізнятися, що для прикладу демонструється на фіг. 2. В місці розміщення жовтого стовпа розподіл складових червоного, зеленого та синього кольорів, з одного боку, є схожими, а з іншого - значно відрізняється. Зокрема, середній колір для червоного та зеленого кольору має стрибок, що відповідає наявності стовпа, а синього кольору - провал. В інших випадках різних орієнтирів для різного фону, освітлення тощо можуть бути як стрибки, так і провали, що з точки зору виявлення орієнтира еквівалентно. Отже, наявність стрибка або провалу в розподілі середнього червоного, зеленого та синього кольорів по стовпцям матриці зображення свідчить про можливу наявність там наземного орієнтира для навігації робота. Перевірку цієї можливості бажано здійснювати по максимальній амплітуді стрибка чи провалу, тобто вибирати один з трьох кольорів, який забезпечує максимум цієї амплітуди. На фіг. 3 показано розподіл кольоровості по стовпцям для червоного кольору, на якому візуально легко виділити наявність орієнтира і координати його розміщення на кадрі. Для циліндроподібних наземних орієнтирів абсолютні значення похідних від кольоровості по горизонтальній координаті кадру можуть бути великими (фіг. 4). Стрибок кольоровості для зображення (фіг. 1) починається орієнтовно зі стовпця матриці зображення з номером 300 і закінчується в стовпці з номером 350 (фіг. 3, 4). Фронт стрибка формує позитивну похідну, а спад стрибка – негативну (фіг. 4). Логічно вважати, що це є фізичне підґрунтя для виявлення стрибка кольоровості та визначення ширини стрибка, що приводить до виявлення наземного орієнтира (стовпа) та визначення його ширини. Для наземного орієнтира (фіг. 1) такий висновок добре підходить, однак в більш складних умовах виявлення орієнтирів складно відрізнити похідні від шумових значень кольору та стрибків чи провалів. Похідні від шумових складових кольору також можуть бути великими, хоча усереднення кольорів по стовпцям згладжує різкі змінювання кольору. Для виділення корисного стрибка чи провалу, що обумовлений наземним орієнтиром, доцільно модулі похідних від кольоровості помножити на вагові коефіцієнти, за які можна взяти абсолютне значення різниці між поточною кольоровістю в стовпці та середнім значенням цієї кольоровості. Тоді вагові коефіцієнти для номерів стовпців, де спостерігається фронт чи спад стрибка або провалу, будуть набагато більшими, ніж в інших стовпцях. Отже, добуток похідної від кольоровості на вагові коефіцієнти, тобто різницю між середньою і поточною кольоровістю в місці розміщення зображення наземного орієнтира на матриці буде набагато перевищувати зазначені добутки в інших місцях (фіг. 5). Це є ознакою для виявлення наземного орієнтира.

Порівняно з найближчим аналогом при малих радіусах кореляції флуктуацій кольоровості фонового зображення запропонований спосіб не має істотної переваги. Якщо радіус кореляції великий, то найближчий аналог взагалі недоцільно використовувати.

Запропонований спосіб має більш широкі можливості з виявлення наземних циліндроподібних орієнтирів при будь-яких фонових зображеннях, однак у наземного орієнтира повинні бути відмінності від фону по одному з трьох кольорів (червоний, зелений, синій). Вибір одного з трьох каналів відбувається по максимальному значенню добутку похідної від кольоровості на вагові коефіцієнти. Цей добуток трактується як аналог відношення сигнал-шум в теорії обробки сигналів. Якщо на фіг. 3 максимальне значення кольоровості в місці розміщення стрибка приблизно в 1,5 рази більше, ніж середнє значення кольоровості, то в зазначеному добутку на фіг. 5 відношення максимального його значення до середнього складає більше 6. Результати моделювання показують, що у більшості випадків це відношення коливається в межах від декількох одиниць і може навіть перевищувати десяток. Це еквівалентно підвищенню відношення корисного значення добутку (в місці розміщення зображення наземного орієнтира) до його фонового значення, тобто аналогічне відношенню сигнал-шум. В найближчому аналозі проведено великий обсяг моделювання ймовірностей правильного виявлення наземного орієнтира при фіксованому значенні хибної тривоги. Приклад кривих виявлення наземного орієнтира, що отриманий в найближчому аналозі, показано на фіг.

6. На цих як енергетичний параметр використовується відношення середнього значення кольоровості для орієнтира до середнього значення цієї величини для фону, а в запропонованому способі добуток похідної від кольоровості на вагові коефіцієнти. При порівнянні фіг. 3 та фіг. 5 видно, що значення показника, який аналогічний відношенню сигнал-шум, збільшується в декілька разів, що істотно підвищить ймовірність правильного виявлення наземного орієнтира (фіг. 6). Отже, ймовірність виявлення наземного орієнтира істотно збільшується при використанні як критерій виявлення добутку похідної від кольоровості на вагові коефіцієнти. Числові значення ймовірності залежать від зображення орієнтира, його розмірів, освітлення та фонового зображення. При малих відмінностях кольору орієнтира від кольору зображення ефективність запропонованого способу є невисокою, як і інших способів, що вже розроблені. При використанні в якості ознаки для виявлення наземного орієнтира не тільки кольору, але й інших ознак ймовірність виявлення наземного циліндроподібного орієнтира може збільшуватися.

Отже, запропонований спосіб виявлення орієнтирів автономним мобільним роботом доцільно застосовувати не тільки в умовах барвистої фонові області з невеликим радіусом кореляції флуктуацій параметрів кольоровості, як в найближчому аналогу, але і в умовах будь-якого фону, коли існує можливість оцінити характеристики кольору в матриці зображення відеокамери.

Схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб, приведена на фіг. 7. З матриці відеокамери 1 з усіх пікселів кожного стовпця сигнал, що пропорційний інтенсивності червоного (R), зеленого (G) та синього (B) кольорів подають на суматори 2. В кожному суматорі обчислюють суму інтенсивностей кольорів відповідного стовпця, наприклад, в першому суматорі - суму інтенсивностей кольорів з першого стовпця. Кількість суматорів 2 дорівнює кількості стовпців матриці зображення. Далі сумарну інтенсивність кожного з кольорів R, G, B ділять на кількість пікселів у стовпці, використовуючи подільник 3, і результат подають на вхід додаткової матриці 4, кожний з каналів якої відповідає номеру стовпця. Матриця 4 має розмірність  $1 \times n$ , де  $n$  - кількість стовпців. На фіг. 7 показано один з трьох каналів цієї матриці, що відповідає одному з кольорів R, G, B. На входи додаткової матриці 4 подають середню інтенсивність відповідного кольору з усіх стовпців матриці зображення і на цій матриці встановлюють розподіл середньої інтенсивності кольору, наприклад,  $R(x)$  або  $G(x)$ , або  $B(x)$ .

З усіх  $n$  виходів додаткової матриці 4 значення кольоровості подають на пристрій визначення середнього значення кольоровості 5, який сумує всі значення кольоровості з кожного каналу і ділить його на кількість стовпців матриці зображення. Отже, на виході пристрою 5 отримують число, яке характеризує середнє значення кольоровості в  $n$  каналах. Крім того, з усіх виходів додаткової матриці 4 значення кольоровості подають на диференціюючий пристрій 6, який здійснює диференціювання просторової залежності кольоровості. Приклад подібного пристрою приведено в [S. C. Dutta Roy, B. Kumar. Digital differentiators. - Handbook of Statistics, 1993, vol. 10, pp. 159-205]. Вихідні значення додаткової матриці надсилають на  $n$  входів багатоканального компаратора 7, а на опорний вхід подають середнє значення кольору з виходу пристрою 5. На виході компаратора формують  $n$  модулів різницевого значень, які в даній корисній моделі виконують функцію вагових коефіцієнтів. Кожне різницеве значення помножують на модуль відповідного вихідного значення диференціюючого пристрою в помножувачі 8, максимальне вихідне значення якого порівнюють в другому компараторі 9 з деяким пороговим значенням, перевищення якого свідчить про виявлення наземного орієнтира, а номер стовпця, в якому він виявлений, дає інформацію про просторове положення орієнтира в кадрі.

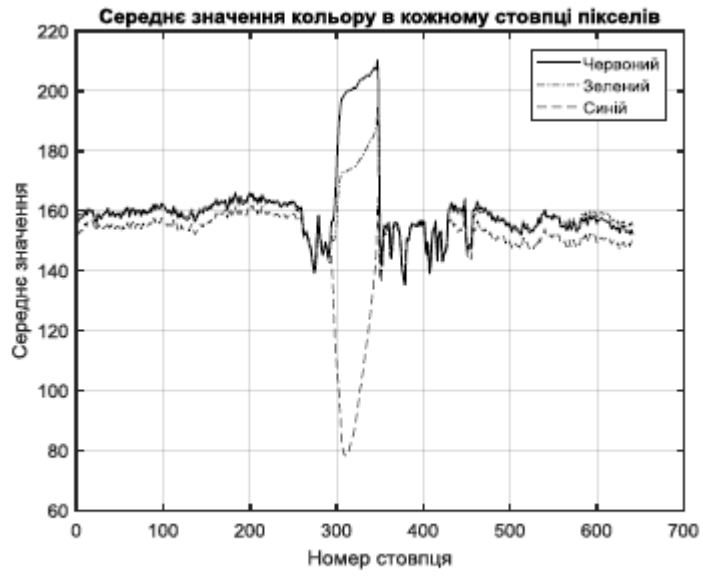
Отже, головною перевагою запропонованого способу є можливість забезпечення заданого рівня ймовірності виявлення циліндроподібного орієнтира при фіксованому рівні ймовірності хибної тривоги на фоні будь-якої місцевості, що відрізняється кольором від орієнтира. Якщо колір орієнтира має значні відмінності від кольорів фону, то ймовірність виявлення такого орієнтира наближається до одиниці. При відсутності відмінностей між кольорами орієнтира та фону ймовірність виявлення орієнтира близька до нуля. Ймовірність виявлення наземного циліндроподібного орієнтира з використанням запропонованого способу не залежить від радіуса кореляції флуктуацій параметрів кольоровості зображення, на відміну від найближчого аналога.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

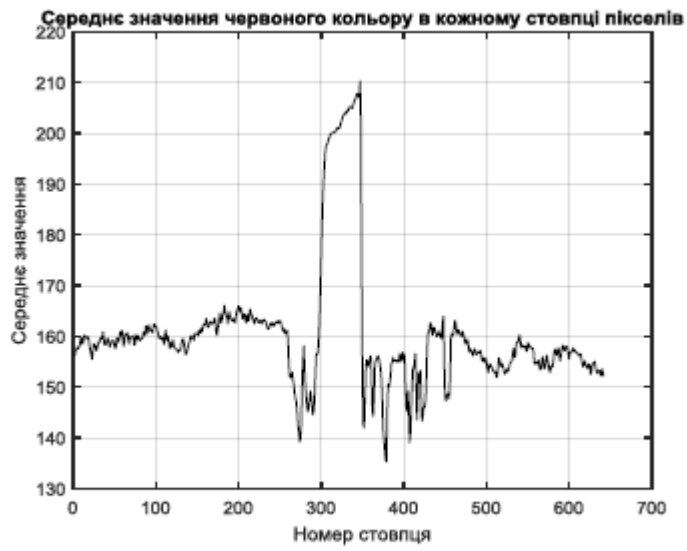
Спосіб виявлення циліндроподібних наземних орієнтирів при навігації автономних мобільних роботів, який полягає в тому, що з пікселів матриці відеокамери, яка встановлена на роботі, знімають три сигнали в цифровому вигляді, що пропорційні інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів зображення, 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, значення інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів в кожному стовпці пікселів матриці зображення відеокамери складають і ділять на кількість пікселів у стовпці матриці, внаслідок чого середні значення інтенсивності трьох кольорів у кожному стовпці створюють розподіл інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів вздовж горизонтальної координати матриці, що відповідає конкретному зображенню відеокамери, який **відрізняється** тим, що з метою розширення умов застосування способу при довільних радіусах кореляції кольорів фонового зображення просторовий розподіл середньої інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів диференціюють по горизонтальній координаті матриці зображення, і отриманий модуль похідної помножують на модуль різниці між поточним та середнім значеннями інтенсивності кожного з трьох кольорів окремо, а максимальне значення цього добутку порівнюють з пороговим значенням, яке попередньо визначається для конкретних умов навігації автономного мобільного робота зі статистичних даних, і при перевищенні порогового значення хоча б в одному з трьох каналів червоного, зеленого та синього кольорів приймається рішення про виявлення наземного орієнтира автономним мобільним роботом.



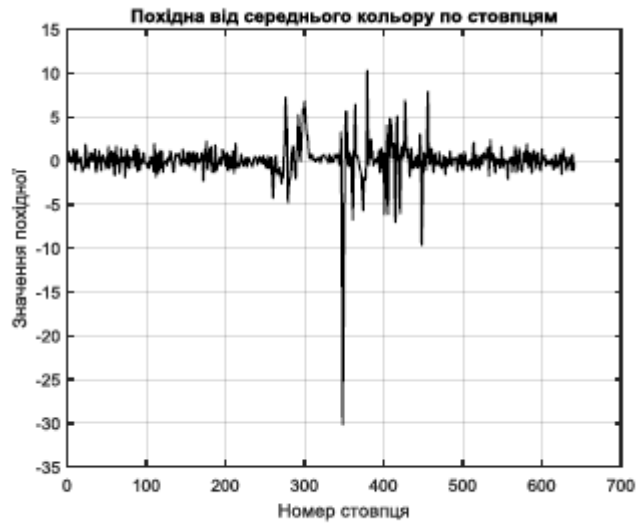
Фіг. 1



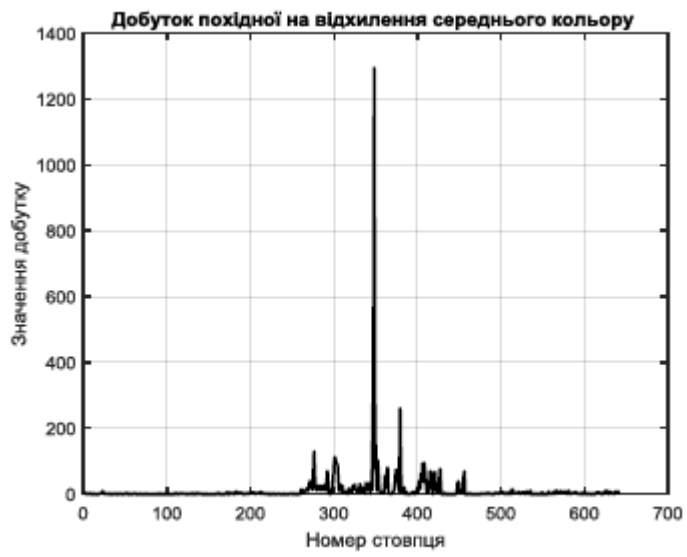
Фіг. 2



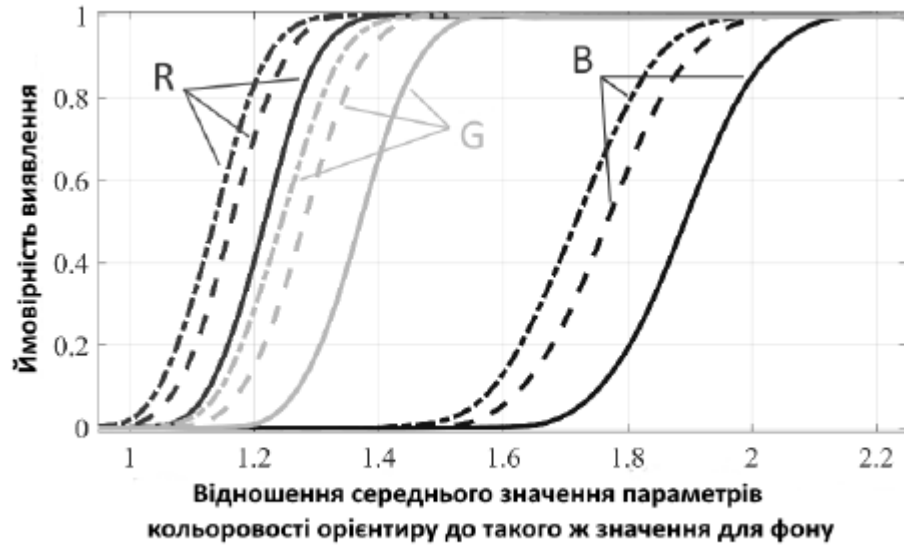
Фіг. 3



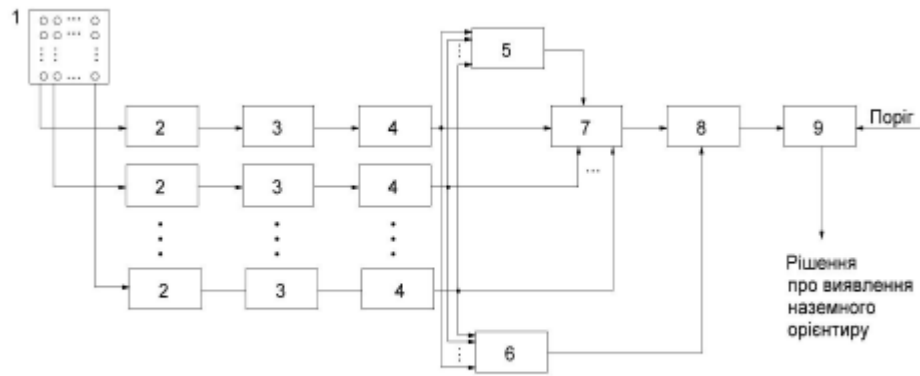
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7