

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 134569

СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ
ВІД ВСЕНАПРЯМЛЕНИХ КУТОМІРНИХ РАДІОМАЯКІВ ТА
ПРОГНОЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі **27.05.2019.**

Заступник Міністра економічного
розвитку і торгівлі України

Ю.П. Бровченко



(21) Номер заявки: **u 2018 12431**

(22) Дата подання заявки: **14.12.2018**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **27.05.2019**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **27.05.2019, Бюл. № 10**

(72) Винахідники:
**Остроумов Іван Вікторович, UA,
Харченко Володимир Петрович, UA,
Кузьменко Наталія Сергіївна, UA**

(73) Власник:
**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
просп. Комарова, 1, м. Київ,
03058, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ ВІД ВСЕНАПРЯМЛЕНИХ КУТОМІРНИХ РАДІОМАЯКІВ ТА ПРОГНОЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від всенапрямлених кутомірних радіомаяків та прогнозованої інформації, що включає вимірювання кутів між напрямом на північ і наземними радіомаяками та визначення координат радіомаяка, який **відрізняється** тим, що одночасно вимірюють два пеленги та прогнозують значення кутів за попередніми вимірюваннями та на підставі отриманих даних визначають широту і довготу повітряного корабля розв'язанням системи навігаційних рівнянь.

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Оригіналом цього документа є електронний документ з відповідними реквізитами, у тому числі з накладеним електронним цифровим підписом уповноваженої особи Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та сформованою позначкою часу.

Ідентифікатор електронного документа 4012220519.

Для отримання оригіналу документа необхідно:

1. Зайти до ІДС «Стан діловодства за заявками на винаходи та корисні моделі», яка розташована на сторінці <http://base.uipv.org/searchInvStat/>.
2. Виконати пошук за номером заявки.
3. У розділі «Документи Укрпатенту» поруч з реєстраційним номером документа натиснути кнопку «Завантажити оригінал» та ввести ідентифікатор електронного документа.

Ідентичний за документарною інформацією та реквізитами паперовий примірник цього документа містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Уповноважена особа Укрпатенту



І.Є. Матусевич

27.05.2019





МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **134569** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
G01C 21/00

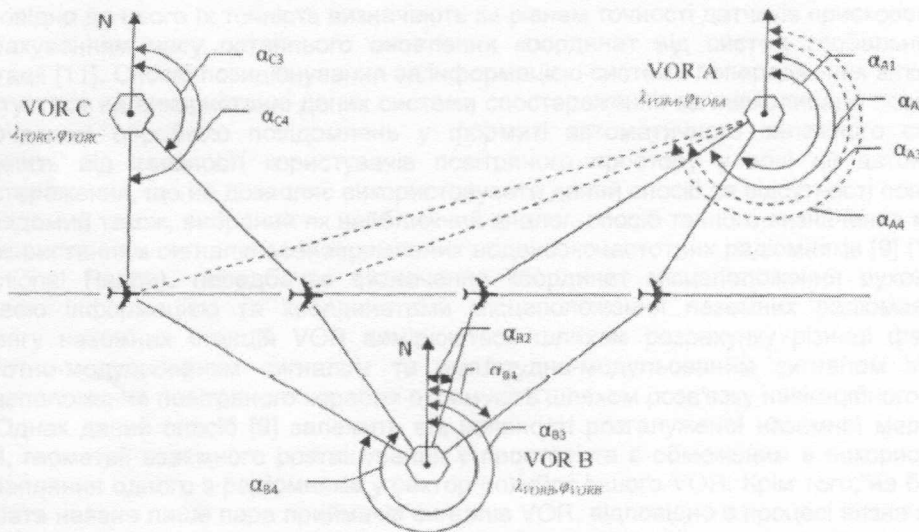
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 12431	(72) Винахідник(и): Остроумов Іван Вікторович (UA), Харченко Володимир Петрович (UA), Кузьменко Наталія Сергіївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.12.2018	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Комарова, 1, м. Київ, 03058 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.05.2019	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.05.2019, Бюл.№ 10	

(54) СПОСІБ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА СУКУПНІСТЮ СИГНАЛІВ ВІД ВСЕНАПРЯМЛЕНИХ КУТОМІРНИХ РАДІОМАЯКІВ ТА ПРОГНОЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від всенапрямлених кутомірних радіомаяків та прогнозованої інформації включає вимірювання кутів між напрямом на північ і наземними радіомаяками та визначення координат радіомаяка. Одночасно вимірюють два пеленги та прогнозують значення кутів за попередніми вимірюваннями та на підставі отриманих даних визначають широту і довготу повітряного корабля розв'язанням системи навігаційних рівнянь.



Фиг. 1

UA 134569 U

Корисна модель належить до способу визначення координат місцеположення літального апарата у просторі з використанням електромагнітного випромінювання та прогнозованої інформації, зокрема до сфери навігації та системи вимірювання кутів на борту літального апарата.

5 Способи навігації та позиціонування, розроблені на основі корисної моделі, можуть бути використанні у побудові систем автоматичного керування та комплексних пристроїв позиціонування для визначення власного місцеположення літального апарата у просторі.

Точне визначення координат транспортних засобів є одним з найголовніших завдань сучасних навігаційних систем. На сьогоднішній день глобальні супутникові навігаційні системи (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO) разом з їх функціональними доповненнями (EGNOS, WAAS, MSAS) відіграють основну роль у визначенні координат місцеположення [1]. Це зумовлено їх доступністю до використання у глобальному масштабі та високою точністю позиціонування порівняно з іншими наявними способами. В основі цих глобальних навігаційних супутникових систем лежать способи позиціонування [2, 3, 4], згідно з якими виконують приймання навігаційних сигналів від геостаціонарних навігаційних супутників, вимірювання відстаней від користувача до доступних у певному регіоні навігаційних супутників за часом поширення електромагнітних хвиль у просторі та розрахунок координат користувача шляхом розв'язку системи навігаційних рівнянь. Однак на точність визначення координат за такими способами негативно впливають ряд факторів, зокрема невдала геометрія розташування супутникового сегменту у певний момент часу та залежність від штучних завад, що у певних випадках може призводити до повної неможливості визначення координат місцезнаходження [5]. Питання визначення власного місцеположення літального апарата є особливо актуальним на етапі зльоту та посадки, оскільки від точності та доступності позиціонування залежить безпека авіаційних перевезень. Крім того, літальні апарати, що знаходяться на малій висоті вразливі до завад, джерело яких може знаходитись на земній поверхні. Мала точність позиціонування може призвести до аварійної ситуації та навіть до катастрофи.

Як альтернативні системи позиціонування на літальних апаратах можуть використовуватись інерціальні навігаційні системи [6, 7], способи навігації за парами наземних радіомаяків [8, 9] чи позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків [10]. Кожному з резервних способів позиціонування притаманні певні недоліки, пов'язані з доступністю чи точністю визначення координат.

Застосування способів, що ґрунтуються на інерційних принципах [6, 7], пов'язано з обмеженістю за часом використання та постійним зростанням похибки оцінювання координат. Відповідно до цього їх точність визначають за рівнем точності датчиків прискорень та гіроскопів, з урахуванням часу останнього оновлення координат від систем глобальної супутникової навігації [11]. Спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків [10] ґрунтується на використанні даних системи спостереження за навколишнім повітряним рухом з одночасною обробкою повідомлень у форматі автоматичного залежного спостереження і залежить від наявності користувачів повітряного простору у зоні дії автономної системи спостереження, що не дозволяє використовувати даний спосіб за відсутності повітряного руху.

Відомий також, вибраний як найближчий аналог, спосіб точного визначення місцеположення з використанням сигналів всенаправлених надвисокочастотних радіомаяків [9] (VOR-VHF Omnidirectional Range), передбачає визначення координат місцеположення рухомих об'єктів за кутовою інформацією та координатами місцеположення наземних радіомаяків VOR. Кути пеленгу наземних станцій VOR вимірюються шляхом розрахунку різниці фаз між опорним частотно-модульованим сигналом та амплітудно-модульованим сигналом змінної частоти. Місцеположення повітряного корабля отримують шляхом розв'язку навігаційного рівняння.

Однак даний спосіб [9] залежить від наявності розгалуженої наземної мережі радіомаяків VOR, геометрії взаємного розташування у просторі та є обмеженим в використанні у випадку потрапляння одного з радіомаяків у сектор похибок іншого VOR. Крім того, на борту літального апарата наявна лише пара приймачів сигналів VOR, відповідно в процесі визначення координат одночасно можуть застосовуватись виключно два пеленги, що значно обмежує точність даного способу та робить його неефективним у порівнянні з іншими альтернативними способами позиціонування літального апарата [8].

55 В основі корисної моделі поставлена задача оцінювання координат місцеположення літального апарата у повітряному просторі за одночасним спостереженням за сигналами двох кутимірних радіомаяків VOR з визначенням їх пеленгів та прогнозованої кутової інформації, оціненої з використанням попередніх вимірювань та точно відомими координатами місцеположення антен радіомаяків VOR.

Поставлену задачу вирішують тим, що спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від всенапрямлених кутомірних радіомаяків та прогнозованої інформації включає вимірювання кутів між напрямом на північ і наземними радіомаяками та визначення координат радіомаяка, згідно з корисною моделлю, одночасно вимірюють два пеленги та прогнозують значення кутів за попередніми вимірюваннями та на підставі отриманих даних визначають широту і довготу повітряного корабля розв'язанням системи навігаційних рівнянь. Тут і надалі під всенапрямленим надвисокочастотним радіомаяком VOR (VHF Omni-directional Range) позначають навігаційний засіб, що працює у діапазоні дуже високих частот спектра радіохвиль (108-118 МГц) [12] та випромінює сигнал, який забезпечує інформацією про пеленг літального апарата.

Пеленг - кут у горизонтальній площині між напрямом на північ та напрямом на наземний радіомаяк VOR, що відраховується за годинниковою стрілкою з точки місцеположення літального апарата.

Численні міжнародні нормативні документи з сертифікації важких літальних апаратів регламентують використання для навігації двох незалежних комплектів приймачів електромагнітних сигналів наземних кутомірних радіомаяків VOR з метою визначення кутів пеленгу на певні радіонавігаційні точки маршруту. Налаштування приймачів VOR може відбуватися у ручному режимі з прямим настроюванням частоти VOR за введеною інформацією чи у автоматичному з задіянням алгоритму вибору пари VOR або використанням попередньо запрограмованої таблиці радіонавігаційних засобів для певного маршруту польоту. Як показано на фіг.1, результати вимірювання та прогнозування кутів пеленгів радіонавігаційних засобів використовуються разом з точно відомими координатами місцеположення наземних станцій, отриманих з вбудованої бази даних аеронавігаційної інформації для оцінювання координат місцеположення літального апарата у горизонтальній площині без визначення висоти польоту.

Крім того, згідно з корисною моделлю, виконується оцінювання точності позиціонування з використанням даних відносно зони невизначеності при вимірюванні кутів-пеленгів. При побудові довірчих інтервалів застосовується подвійне значення середньоквадратичного відхилення, що гарантує ймовірність знаходження навігаційного параметра на рівні 95 %. Також слід відмітити, що використання даного способу позиціонування обмежується зоною дії кутомірного радіомаяка, чутливістю приймача навігаційних сигналів та геометрією взаємного місцеположення у просторі. Зокрема на фіг. 2 наведено випадок нездатності визначення координат власного місцеположення літального апарату у випадку коли при визначенні пеленгу один з радіонавігаційних засобів (VOR A) потрапляє у зону невизначеності іншого радіонавігаційного засобу (VOR B), яка обмежується подвійним значенням середньоквадратичного відхилення (2а).

На фіг. 3 зображено структурну схему способу позиціонування за сукупністю сигналів від всенапрямлених кутомірних радіомаяків та прогнозованої інформації, де блок оцінювання доступності VOR-1; аеронавігаційна база даних - 2; блок групування наявних VOR-3; блок вибору оптимальної пари - 4; блок перевірки можливості навігації за вибраною парою - 5; блок вибору VOR у ручному режимі - 6; блок вимірювання кутів пеленгів - 7; база даних пеленгів - 8; блок перевірки зміни пари VOR-9, блок прогнозування кутів - 10; блок визначення величини похибки прогнозування -11; блок переведення координат з геодезичної до локальної декартової системи числення - 12, блок розв'язання навігаційного рівняння та оцінювання точності позиціонування - 13; блок переведення координат з локальної декартової системи числення до геодезичної - 14.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Спосіб позиціонування базується на використанні попередньо відомих координат місцеположення літального апарата (λ_{i-1} , ϕ_{i-1}). За відомими координатами місцеположення літального апарата виконують оцінювання доступних для позиціонування наземних радіомаяків VOR з урахуванням координат місцеположення VOR та типу радіомаяка отриманих з аеронавігаційної бази даних 2. При цьому, за кожним VOR закріплюють певну модель простору, у межах якої забезпечуються послуги даного типу радіонавігаційного засобу з обмеженням за кутом місця у вертикальній площині, що утворює конусоподібну зону недоступності [13]. Шляхом геометричних розрахунків перевіряють можливість знаходження літального апарата у зоні дії VOR на попередній момент часу. У результаті оцінювання доступності формують перелік доступних VOR до використання на час попереднього місцеположення літального апарата. Далі у блоці 3 виконують групування навігаційних засобів за парним принципом з урахуванням обмеження на внутрішній кут між напрямки на VOR, що має знаходитись у межах від 30° до 150° [14]. У блоці 4 виконують вибір оптимальної пари VOR, що забезпечуватиме найвищу точність позиціонування за методом, описаним у [15]. Блок 5 виконує перевірку потрапляння одного з

радіомаяків у зону невизначеності іншого з метою контролю за можливістю позиціонування за вибраною парою радіомаяків VOR. Окрім того, передбачено блоком 6 вибір пари VOR у ручному режимі, за якого оператор сам вибирає бажану пару радіомаяків VOR для позиціонування. У блоці 7 виконують налаштування бортових радіоприймачів сигналів VOR та вимірювання кутів пеленгів на вибрані радіомаяки. Результати вимірювання зберігають у внутрішній базі даних пеленгів 8 разом з ідентифікатором радіомаяка та точного часу вимірювання. Блок 9 виконує перевірку зміни пари VOR при кожному вимірюванні і у випадку виявлення появи вимірювань від нової пари VOR, що раніше не була задіяна у вимірюваннях, ініціює у блоці 10 початок прогнозування кутів пеленгів до радіомаяків VOR, що спостерігалися раніше за даними, які зберігають у блоці 8. Блок 11 виконує постійний контроль за похибками прогнозування, відфільтровуючи прогнозовані з великою похибкою значення. У блоці 12 виконують підготовку даних для формування навігаційного рівняння вигляду:

$$x_{ЛА} \operatorname{tg}(\alpha_i) - y_{ЛА} = x_i \operatorname{tg}(\alpha_i) - y_i, i=1 \dots n$$

де $x_{ЛА}$, $y_{ЛА}$ - координати літального апарата, x_i , y_i - координати VOR, α_i - пеленг радіомаяка.

Координата літального апарата та координати радіомаяків VOR у блоці 13 переводяться з глобальної геодезичної системи до локальної декартової системи числення.

У загальному вигляді навігаційне рівняння записують у матричному вигляді:

$$AX^T = B,$$

де $A = [\operatorname{tg}(\alpha_i), -1]$; $X = [x_{ЛА}, y_{ЛА}]$; $B = [x_i \operatorname{tg}(\alpha_i) - y_i]$; $i=1 \dots n$.

Розв'язок навігаційного рівняння виконують за формулою, отриманою шляхом застосування методу найменших квадратів:

$$X = ((A^T A)^{-1} A^T B)^T.$$

У блоці 14 виконують переведення координат з локальної декартової системи координат до геодезичної.

Як інструмент для вимірювання кутів-пеленгів використовують приймачі сигналів VOR.

Реалізацію способу позиціонування за сукупністю сигналів від дальномірного обладнання реалізують за допомогою, двох бортових приймачів сигналів VOR, системи управління радіонавігаційним засобами для налаштування кожного з двох комплектів обладнання VOR та обчислювальної системи літаководіння, що реалізує зберігання результатів вимірювань та розв'язок навігаційного рівняння.

Спосіб позиціонування згідно з корисною моделлю забезпечує визначення координат місцеположення літального апарата у випадку відмови чи основної системи позиціонування, таким чином забезпечується постійна наявність інформації відносно власного місцеположення, що підвищує рівень безпеки виконання польотів літальних апаратів.

Джерела інформації:

1. Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. Doc 9849. ICAO, 2012. 68 p.
2. Patent US07219353 USA. Global positioning system receiver with improved radio frequency and digital processing. J. Ashjaee, R.J. Helkey, R.G. Lorenz, R.A. Sutherland. 1988.
3. Patent US6075987A USA. Stand alone global positioning system (GPS) and method with high sensitivity. Thomas O. Camp, Jr. Thomas J. Makovicka 1998.
4. Пат. КМ 101991 Україна. Система та спосіб позиціонування / Келлар Уільям Джеймс, Даше Деміен, Грей Стюарт, Роберте Пітер Джеймс. Опубл. 27.05.2013, бюл.№ 10/2013.
5. Lubbers B., Mildner S., Oonincx P., Scheele, A. A study on the accuracy of GPS positioning during jamming. Navigation World Congress. 2015. P. 1-6.
6. Patent US6826478B2 USA. Inertial navigation system for mobile objects with constraints. F.E. Riewe, H.T. Gaines. 2002.
7. Patent US4254465A USA Strap-down attitude and heading reference system. R.P. Land. 1978.
8. Patent US4583177 A USA. Accurate DME-based airborne navigation system. 1986.
9. Patent US8179318 BI USA. Precise position determination using VHF omni-directional radio range signals. 2012.
10. Пат. КМ 98724 Україна. Спосіб позиціонування за інформацією системи попередження зіткнень літаків / І.В. Остроумов, Н.С. Кузьменко. Опубл. 12.05.2015. Бюл.№9.
11. Patent US6900760B2 USA. Adaptive GPS and INS integration system. P.D. Groves 2000.
12. International Standards and Recommended Practices. Aeronautical Telecommunications. Radio navigation aids: Annex 10 to the convention on International Civil Aviation. Vol. 1. ICAO, 2006. 303 p.
13. AC 00-31A U.S. National Aviation Standard for the Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VOR) / Distance Measuring Equipment (DME) / Tactical Air Navigation (TACAN) Systems. FAA, 1982. 67 p.
14. Performance-based Navigation (PBN) Manual. Doc 9613. ICAO, 2008. 304 p.

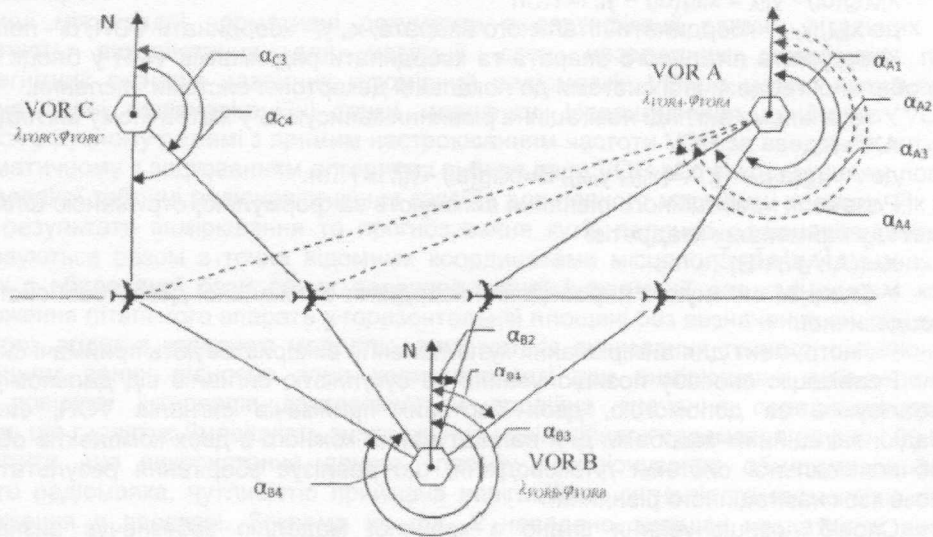
15. Остроумов І.В. Алгоритм выбора оптимальной пары радионавигационных средств при определении местоположения летательного аппарата. Электроника, Радиофизика, Радиотехника, Информатика. Доклады Белорусского Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники. 2018. № 113(3). С. 72-79.

5

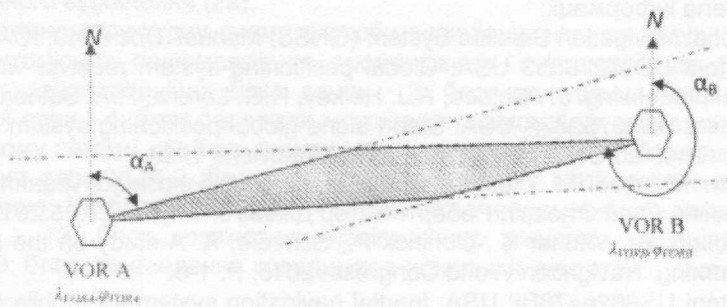
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Спосіб позиціонування за сукупністю сигналів від всенапрямлених кутомірних радіомаяків та прогнозованої інформації, що включає вимірювання кутів між напрямом на північ і наземними радіомаяками та визначення координат радіомаяка, який **відрізняється** тим, що одночасно вимірюють два пеленги та прогнозують значення кутів за попередніми вимірюваннями та на підставі отриманих даних визначають широту і довготу повітряного корабля розв'язанням системи навігаційних рівнянь.



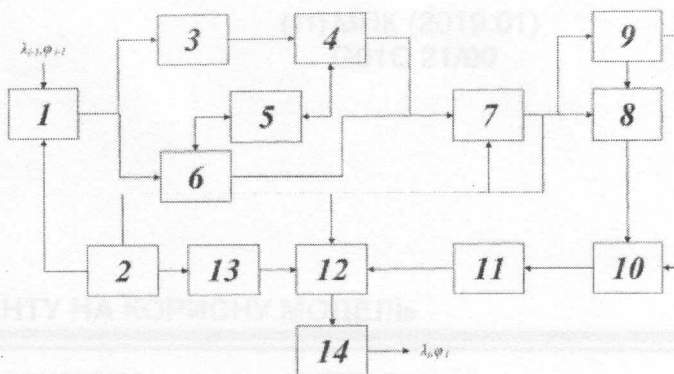
Фиг. 1



Фиг. 2



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ



Фіг. 3

Відомості про винахідника:
Корольова Ірина Вікторівна (UA);
Корольова Валентина Петрівна (UA);
Кудименко Наталія Сергіївна (UA)

(73) Власник:
НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
пр.п. Коцюбинського, 1, м. Київ 01030 (UA)

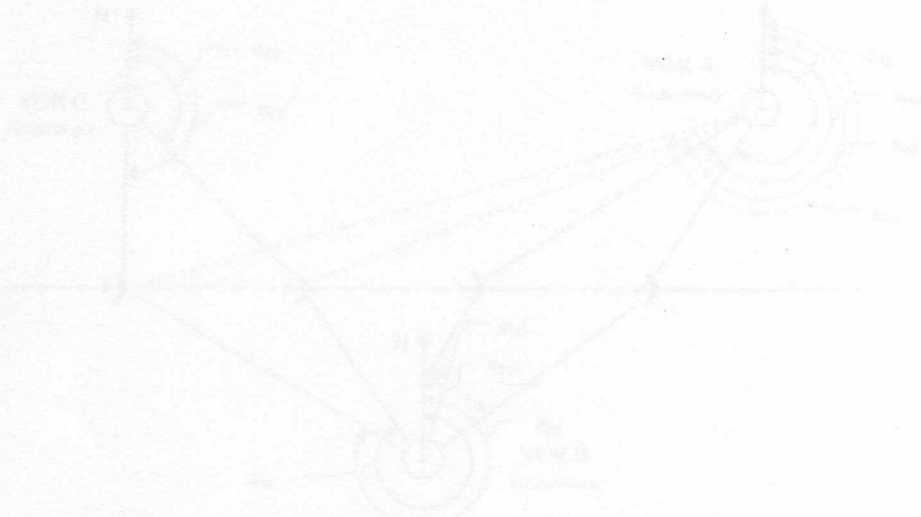
ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОМП'ЮТЕРНУ ПРОГРАМУ

(71) Інверсний номер: 0 2019 13451
 (52) Дата подання заявки: 14.12.2018
 (54) Дата з'ясування змісту: 27.05.2019
 (40) Публікація: 27.05.2019, Бюлетень 10
 про надання патенту.

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СИГНАЛІВ ВІД ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСОВИХ РАДІОМАШИН ТА ПРОГНОЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

(57) Резюме:

Спосіб підвищення якості сигналів від дистанційних курсових радіомашин та прогнозованої інформації включає визначення кута між напрямком на станцію і напрямком радіомашини та визначення координат радіомашини. Одночасно виконують два паралельні та прогнозує значення кута між напрямком визначеної та на підставі отриманих даних визначають широту і довготу радіомашини за допомогою системи координатних рівнянь.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

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