

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ
ДП “КИЇВОБЛСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ”
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Wrocław University
of Science and Technology



ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІРТК-2023)

ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

23-24 травня 2023 р.
Київ, Україна

ЗБІРКА ТЕЗ

Київ
2023

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Квасніков В.П. д.т.н., проф., Заслужений метролог України, зав. каф. Комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій НАУ, м. Київ.

Члени комітету:

Васильєв А.Й. д.е.н., проф., Президент Інженерної академії України, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Міжнародної Інженерної академії, м. Харків.

Власенко В.О. д.т.н., проф., каф. технології університету Ополя, Республіка Польща.

Древецький В.В. д.т.н., проф., зав. каф. автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування, віце-президент Інженерної академії України, м. Рівне.

Черновол М.І. член-кор. Національної аграрної академії України, д.т.н., проф., професор Центральноукраїнського НТУ, м. Кропивницький.

Острофські К. д.т.н., проф., декан Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Мічинські Я. д.т.н., проф., зав. каф. Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.

Хойніцкі Ю. Ph.D., проф., заст. декана Варшавського університету природничих наук, Республіка Польща.

Kovela S. MSc, PhD, MBA, Associate Professor in Project Management, New College of the Humanities / Northeastern University College of Professional Studies, England, United Kingdom.

Khraisat Yahya S.H. Ph.D., Al Balda Applied University / Al-Huson University College, Irdan, Jordan.

Frivaldsky M. Ph.D., Prof. Ing. Head of Department Mechatronics and Electronics, University of Žilina, Slovakia.

Відповідальний редактор: Шелуха О.О., к.т.н., доц. каф. Комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, НАУ, м. Київ.

Рекомендовано до друку вченою радою Аерокосмічного факультету НАУ (протокол № 5 від 17 травня 2023 р.).

Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2023). Шістнадцята міжнародна науково-практична конференція 23-24 травня 2023 р., Київ, Україна. – К.: НАУ, 2023. – 402 с. (збірка тез).

Містить результати наукових, експериментальних та теоретичних досліджень вчених, аспірантів та студентів.

Матеріали можуть бути корисними науковим співробітникам, інженерно-технічним працівникам, аспірантам та студентам, що спеціалізуються в галузі автоматизованих систем управління робототехнічних комплексів, інформаційних технологій та метрології.

ДЕСТАБІЛІЗУЮЧІ ФАКТОРИ І ТОЧНІСТЬ МЕТОДІВ ІНЕРЦІАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ ТА ОДОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

Рудик А.В., д.т.н., професор, Національний університет водного господарства та природокористування, a.v.rudyk@nuwm.edu.ua;

Чубай Н.М., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, Національний університет водного господарства та природокористування

При описанні математичної моделі інерціальної системи навігації зазвичай враховуються зсув нульового сигналу та похибки масштабного коефіцієнта акселерометра і кутова швидкість дрейфу та похибки масштабного коефіцієнта гіроскопа. Значно рідше враховуються нелінійності їх статичних характеристик, а ще рідше – їх асиметрія. Найменше розкриті питання врахування шумових компонентів вихідного сигналу сенсора, в яких, як правило, використовуються “білий” шум чи корельований марковський процес, які не завжди можуть відобразити реальну картину наявного у вихідному сигналі сенсора шуму.

Для описання параметрів вихідного сигналу сенсора часто використовується статистична оцінка, така як стандартне відхилення, що і дозволяє оцінити шумові компоненти вихідного сигналу (у вигляді “білого” шуму чи корельованого марковського процесу). Останнім часом для визначення складових шуму часто використовується метод варіацій (дисперсій) Алана, подібний до класичної вибіркової дисперсії, відмінність якого полягає в обчисленні не дисперсій відхилень центрованого випадкового процесу, а різниці сусідніх відхилень [1]. Метод варіацій Алана спочатку був розроблений для оцінки похибок еталонів частоти, а пізніше почав застосовуватися для оцінки параметрів інерціальних чутливих елементів [2].

Причиною виникнення зміщення вихідного сигналу в інерціальних сенсорах є дія паразитних моментів на рухомі частини сенсора та розбаланс електронних вузлів систем обробки інформації [1]. Шуми впливають на всю без виключення електронну апаратуру навігаційних систем і залежно від спектральних характеристик і типу породжуючих їх флуктуаційних процесів діляться на теплові, дробові та фліккер-шуми. Для інерціальних сенсорів шумовими процесами визначаються складові їх випадкової похибки.

Додатковими похибками інерціальних сенсорів, що викликані їх чутливістю до зміни зовнішніх факторів, є чутливість акселерометра до кутових швидкостей, чутливість гіроскопа до прискорень, а також чутливості інерціальних сенсорів до зміни температури та до вібрацій [3]. Детально вплив дестабілізуючих факторів на МЕМС-акселерометри розглянуто в [4].

За результатами вимірювання кількості обертів приводного валу і валу рульового управління навігаційна система оцінює положення, напрямок, швидкість і прискорення об’єкту. При реалізації мобільної платформи з двома незалежними двигунами положення оцінюються за такими формулами:

$$C(t_1) = C(t_0) + \frac{D_R - D_L}{W} [pad]; \quad D(t_0, t_1) = \frac{D_R + D_L}{2},$$

де $C(t_0)$ – кутове положення об’єкту в момент часу t_0 ; D_R та D_L – переміщення правого та лівого коліс; W – ширина об’єкту; $D(t_0, t_1)$ – переміщення за інтервал часу $[t_0, t_1]$; $\theta = (D_R - D_L)/W$ – миттєвий кут повороту.

Криволінійну траєкторію руху можна розділити на лінійні ділянки та визначити декартові координати об’єкту:

$$\begin{aligned} X(t_1) &= X(t_0) + D(t_0, t_1) \cdot \cos(C(t_1)); \\ Y(t_1) &= Y(t_0) + D(t_0, t_1) \cdot \sin(C(t_1)). \end{aligned}$$

Зв’язок між початковою P_0 і кінцевою P_1 позиціями задається так [4]:

$$\vec{P}_0 = \begin{bmatrix} X(t_0) \\ Y(t_0) \\ C(t_0) \end{bmatrix}; \quad \vec{P}_1 = \begin{bmatrix} X(t_1) \\ Y(t_1) \\ C(t_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X(t_0) \\ Y(t_0) \\ C(t_0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D(t_0, t_1) \cdot \cos(C(t_0) + \theta) \\ D(t_0, t_1) \cdot \sin(C(t_0) + \theta) \\ \theta \end{bmatrix}.$$

Недоліки, притаманні таким вимірювальним системам, приводять до вимушеної необхідності вводити “опорні точки”, в яких враховують або компенсують накопичені похибки. Однак такий підхід реалізується тільки для позиціонування на заздалегідь відомій території.

При переміщенні МР по нерівній поверхні, особливо для крокуючих роботів, використовується візуальна одометрія – процес отримання одометричної інформації (переміщення та напрямку руху) при використанні послідовності зображень з камер мобільного об’єкту (рис. 1) [5]. Вона дозволяє покращити навігаційну точність роботів незалежно від його способу переміщення та для більшості типів поверхні (за виключенням водних).

Типовий алгоритм візуальної одометрії складається з таких етапів [6].

1. Отримання зображення з камери/стереокамери/панорамних камер.
2. Корекція зображення (усунення дисторсії або викривлення); дисторсія виправляється підбором лінз та інших елементів оптичної системи при її розробці; в цифровому зображенні дисторсія виправляється програмно.
3. Детектування ключових точок зображення:
 - а) детектування ключових точок, наприклад, методом Лукаса-Канаде, який розв’язує неоднозначність за рахунок використання інформації про сусідні пікселі в кожній точці;
 - б) порівняння точок між кадрами;
 - в) побудова оптичного потоку.
4. Перевірка векторів оптичного потоку на можливі похибки, відкидання викидів (outliers).
5. Визначення руху камери за оптичним потоком, використовуючи фільтр Калмана або геометричні та 3D-властивості точок.
6. Періодичне оновлення набору ключових точок для відстеження.

Перевагою такого алгоритму є його універсальність, а недоліками те, що він практично не працює з однотипними зображеннями, необхідність високої швидкості захоплення зображення, високе обчислювальне навантаження та висока вартість камер.

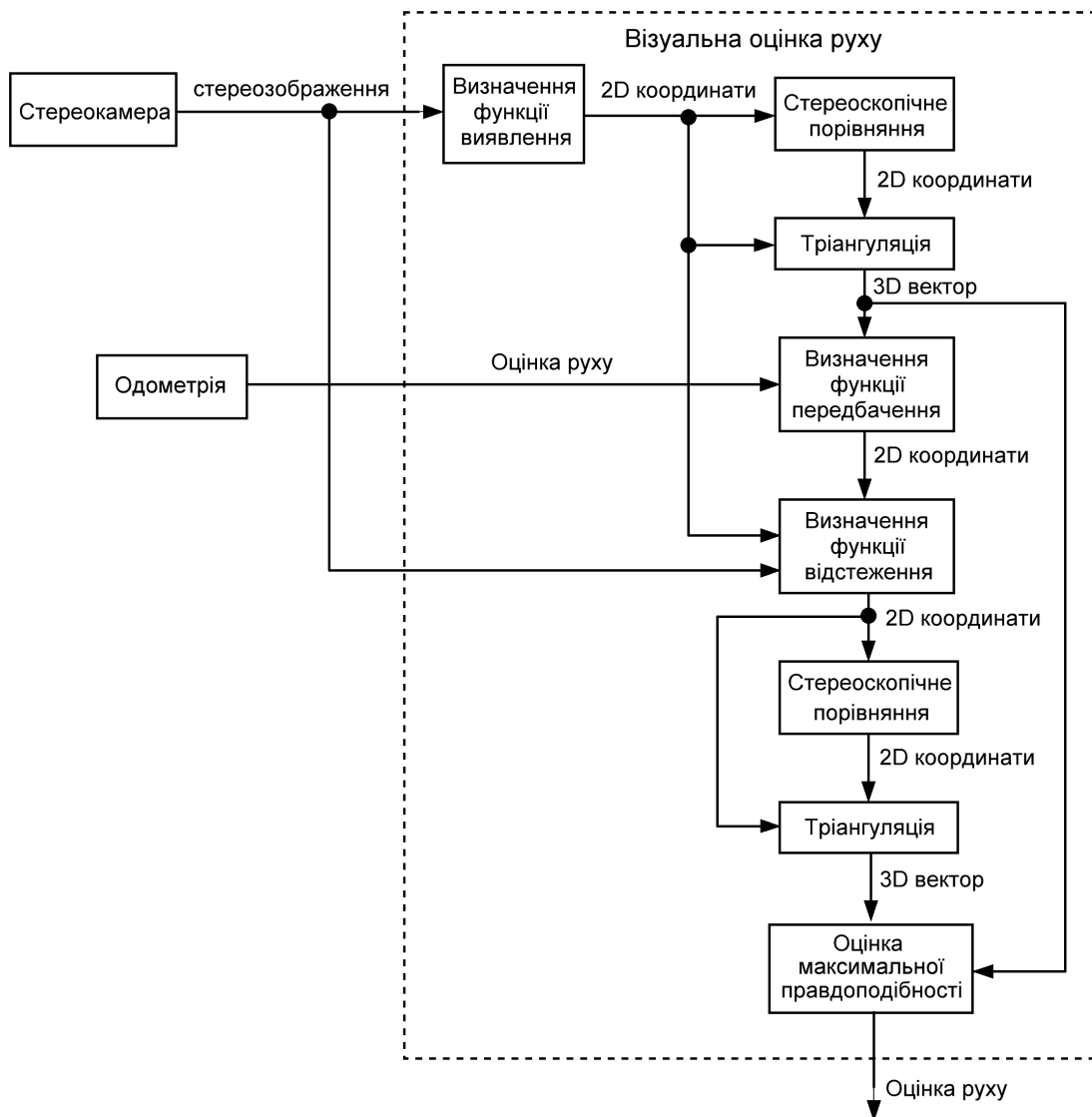


Рис. 1. Типовий алгоритм візуальної одометрії

Список використаних джерел

1. Рудик, А. В. Аналіз методів інерціальної навігації при визначенні параметрів руху мобільних роботів / А. В. Рудик, В. П. Квасніков, В. А. Рудик // Вісник Інженерної академії України. – 2018. – № 3. – С. 150-157.
2. Rudyk, A. V. Analysis of the errors of MEMS accelerometers by the Allan variation method // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2017. – № 1. – С. 100-109.
3. IEEE 647-2006. IEEE Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Laser Gyros. – 2006. – 28 p.
4. Рудик, А. В. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота. Монографія / А. В. Рудик, В. П. Квасніков. – Харків : Мачулін, 2018. – 272 с.
5. Nistrer, D. Visual odometry for ground vehicle applications / D. Nistrer, O. Naroditsky, J. Bergen // J. of Field Robotics. – 2006. – Vol. 23 (1). – P. 3-20.
6. Xu, J. Robust stereo visual odometry for autonomous rover // 6th WSEAS Internat. Conf. on Signal, Speech and Image Processing. – 2006.

ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІРТК-2023)

ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
23-24 травня 2023 р.
Київ, Україна
Збірка тез

Тези надруковані в авторській редакції на одній із двох робочих мов конференції

Оригінал-макет
підготовлено на кафедрі комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій
Аерокосмічного факультету
Національного авіаційного університету

Комп'ютерна верстка:
Шелуха О.О.

Підп. до друку 17.05.23. Формат 60x84/16.
Папір офс. Гарн. Times New Roman.
Ум. друк. арк. 24,5. Тираж 100 прим. Замовлення № 5

Віддруковано у СПД «Андрієвська Л.В.»
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво серія ВОЗ № 919546 від 19.09.2004 р.