

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.

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ ЛОКАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НА ПАРАМЕТРИ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

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

**Кустовський О.С.**, аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування

Прискорення є динамічною характеристикою об'єкту. Відповідно до другого закону Ньютона воно виникає тільки після прикладення до об'єкта будь-якої сили. Переміщення об'єкту, його швидкість, прискорення та різкість є взаємопов'язаними фізичними величинами: швидкість є першою похідною від переміщення, прискорення – другою, а різкість – третьою. Проте взяти похідну сильно зашумленого сигналу технічно складно, оскільки при цьому виникають дуже значні похибки навіть при використанні відносно складних схем обробки.

Для надійного керування мобільним об'єктом (МО) його система керування має отримувати сигнали від різних сенсорів, за результатами обробки яких оцінюються його поточні координати, швидкість та прискорення, а також параметри просторової орієнтації (кути курсу, тангажу і крену). На даний час основними типами таких сенсорів є інерціальні (акселерометри, гіроскопи, магнітометри), локаційні (ультразвукові, радарні, лідарні) і відео (моно- та стереокамери) [1].

Розроблені на даний час програмно-апаратні комплекси оцінки параметрів переміщення не є достатньо ефективними для розв'язання навігаційних задач в складних кліматичних умовах та при дії різних дестабілізуючих факторів з достатньою точністю. Більшість з них складні, мають недостатні швидкодію, точність та недосконалі математичне і програмне забезпечення. Тому виникає потреба вдосконалення засобів оцінки параметрів переміщення МО, розробки нових і удосконалення існуючих методів і засобів вимірювання з покращеними метрологічними характеристиками і алгоритмічною обробкою даних про параметри переміщення на фоні шумів і завад різного роду [2].

При застосуванні ультразвукових локаційних методів оцінки параметрів переміщення в розрахункових формулах присутня швидкість ультразвуку в середовищі. Як відомо [3], фактичне значення швидкості ультразвуку в реальному середовищі змінюється залежно від температури повітря, тиску та вологості, досягаючи максимального відхилення до  $\pm 5\%$  (відповідно і невизначеність оцінки параметрів переміщення становить орієнтовно до 5%). Без врахування температурної залежності швидкості ультразвуку в повітрі при відхиленні температури навколишнього середовища на  $1^\circ\text{C}$  виникає похибка  $\Delta V_3(1^\circ\text{C}) \cong 0.6 \text{ м/с}$ , яка приводить до відносної невизначеності оцінки відстані порядку 0.175%.

Неврахований вплив вологості повітря при нормальному атмосферному тиску приводить до виникнення невизначеності оцінки швидкості ультразвуку до 0.5 м/с [4]. Тому що точність оцінки швидкості ультразвуку в повітрі суттєво

впливає на точність навігаційно-часових визначень, то в навігаційних системах МО мають застосовуватися спеціальні корегуючі пристрої чи алгоритми для обчислення дійсної швидкості ультразвуку за спеціальними емпіричними формулами з врахуванням інформації з сенсорів температури, тиску, вологості та швидкості й напрямку вітру (тоді похибка корегування становить орієнтовно 0,1%) [5].

При визначенні прискорення оптичними і радарними методами проводять оцінку фазового зсуву прийнятого сигналу відносно опорного:

$$\Delta\varphi = \varphi_{np} - \varphi_{on} = \omega_m t_3 + \Delta\varphi_D + \Delta\varphi_{BO},$$

де  $\varphi_{np}$  та  $\varphi_{on}$  – повні фази прийнятого і опорного сигналів;  $\omega_m$  – циклічна частота модулюючого (масштабного) сигналу;  $t_3$  – час затримки сигналу;  $\Delta\varphi_D$  – фазовий зсув, що вноситься засобом вимірювання;  $\Delta\varphi_{BO}$  – фазовий зсув при відбитті сигналу від МО.

Оцінка прискорення МО [2]:

$$\hat{a} = \frac{c}{2t_B^2} \left( \Delta t_3 + \frac{(\Delta\varphi_D + \Delta\varphi_{BO})\Delta\omega_m}{\omega_m^2} \right),$$

де  $c$  – швидкість поширення сигналу (світла);  $t_B$  – час вимірювання (оцінки прискорення);  $\Delta t_3$  – зміна часової затримки сигналу за час вимірювання.

Стандартне відхилення оцінки прискорення:

$$\sigma_a = \frac{c}{mq\omega_m\sigma_t^2},$$

де  $m$  – коефіцієнт модуляції сигналу;  $\sigma_t$  – стандартне відхилення оцінки часу вимірювання;  $q$  – співвідношення сигнал/шум засобу вимірювання.

Для зменшення стандартного відхилення  $\sigma_a$  потрібно збільшувати частоту модуляції, однак її величина має враховувати принцип однозначності оцінки параметрів переміщення:

$$\frac{2\hat{a}_{\max}}{c}\omega_m t_B^2 \leq 2\pi \Rightarrow \omega_m \leq \frac{\pi c}{\hat{a}_{\max} t_B^2}.$$

Для зменшення впливу завад використовують такі методи селекції [6]:

- обмеження мінімальної вимірюваної відстані (стробування);
- вибір об'єкту за його порядковим положенням (перший, другий, останній);
- селекція сигналів за їх формою (ефективна для боротьби з завадою зворотного розсіювання тривалістю (1÷2) мкс та спектром до 0.3 МГц);
- амплітудна порогова селекція (часове автоматичне регулювання підсилення або порогу спрацьовування);
- амплітудна селекція об'єкту за більшим відбитим сигналом (однак потрібно врахування поправки на залежність амплітуди від дальності);
- амплітудно-часова напівавтоматична селекція з врахуванням апріорної інформації про дальність до вибраного об'єкту.

При великих відстанях до МО відбитий від нього сигнал зменшується до

рівня шумів, тому основним буде енергетичний потенціал засобу вимірювання, який визначається енергією та розходженням зондувального променя, діаметром і коефіцієнтом спрямованої дії антени, чутливістю приймально-підсилювального тракту, а також ефективністю засобів просторової та амплітудно-часової селекції об'єкту на фоні місцевих завад, ефективна відбивальна поверхня яких може перевищувати аналогічний параметр для малорозмірних на таких відстанях об'єктів [2].

Діапазон середніх відстаней з нижнього боку обмежений відстанню, для якої завада зворотного розсіювання не впливає на приймальний тракт, а з верхнього боку – відстанню, для якої кутові розміри МО будуть сумірні з робочим полем засобу вимірювання. Такий діапазон максимально зручний для проведення вимірювань через достатню спостережуваність МО і можливість його селекції на фоні завад, а також внаслідок сприятливих енергетичних умов приймання і оброблення відбитого сигналу.

При оцінці параметрів переміщення на малих відстанях робота засобу вимірювання ускладнена близько розташованими об'єктами з високим рівнем відбитого сигналу, що перевантажує приймальний тракт і приводить до погіршення точності та роздільної здатності засобу вимірювання. Цей недолік частково компенсується неповним перекриттям полів приймального та передавального каналів на малих відстанях, що оцінюється коефіцієнтом перекриття цих полів (залежність коефіцієнта перекриття від відстані є апаратною функцією засобу вимірювання або геометричним фактором).

### **Список використаних джерел**

1. Рудик, А. В. Методи оцінки просторового положення об'єктів / А. В. Рудик // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2016). Матеріали 9-ої міжнародної НПК. – Київ : НАУ, 2016. – С. 31-33.
2. 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.
3. Рудык, А. В. Исследование влияния климатических факторов на оценку точности ультразвукового дальномера системы технического зрения мобильного робототехнического комплекса / Вестник Азербайджанской инженерной академии. – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 122-132.
4. Рудик, А. В. Оцінка швидкості ультразвуку в повітрі при реалізації системи ультразвукового зору / А. В. Рудик // Інформаційно-обчислювальні технології, автоматика та електротехніка (ІТАЕ-2016). Матеріали міжнародної НПК. – Рівне : НУВГП, 2016. – С. 273-275.
5. Рудик, А. В. Аналіз локаційних методів визначення параметрів руху мобільних роботів / А. В. Рудик, В. П. Квасніков, В. А. Рудик, М. І. Матей // Вісник Інженерної академії України. – 2018. – № 2. – С. 173-181.
6. Вильнер, В., Волобуев, В., Ларюшин, А. Достоверность измерений импульсного лазерного дальномера // Фотоника. – 2013. – № 3. – С. 42-60.

# 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.