



КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ
Харківського національного університету
ВНУТРІШНІХ СПРАВ



Науковий парк «Наука та безпека»

МАТЕРІАЛИ
V Міжнародної
науково-практичної конференції

АВІАЦІЯ
ПРОМИСЛОВІСТЬ
СУСПІЛЬСТВО



КРЕМЕНЧУК
16 травня 2024 року



**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ
НАУКОВИЙ ПАРК «НАУКА ТА БЕЗПЕКА»**



МАТЕРІАЛИ

V Міжнародної науково-практичної конференції

«АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО»

(посвідчення Державної наукової установи «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» Міністерства освіти і науки України від 15 вересня 2023 року № 371)

Дата проведення конференції – 16 травня 2024 року



*16 травня 2024 року
м. Кременчук*

**MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF UKRAINE
KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY OF INTERNAL AFFAIRS
KREMENCHUK FLIGHT COLLEGE
SCIENCE PARK «SCIENCE & SECURITY»**



PROCEEDINGS

of the V International scientific and practical conference

«AVIATION, INDUSTRY, SOCIETY»

(Certificate, issued by State scientific institution «Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information» of Міністерства освіти і науки України
No 371 of September 15, 2023)

Date – May 16, 2024



*May 16, 2024
Kremenchuk*

УДК 62(33:34:37:61:65:80)

A20

*Рекомендовано до друку оргкомітетом відповідно до доручення
Харківського національного університету внутрішніх справ
від 08 лютого 2023 року № 12*

Редакційна колегія:

Сокуренко В.В., ректор Харківського національного університету внутрішніх справ, генерал поліції третього рангу, заслужений юрист України, член-кореспондент Національної академії правових наук України, доктор юридичних наук, професор (голова редколегії);

Музичук О.М., проректор Харківського національного університету внутрішніх справ, полковник поліції, заслужений юрист України, доктор юридичних наук, професор (заступник голови редколегії);

Яковлєв Р.П., директор Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ (член редколегії);

Владов С.І., начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, кандидат технічних наук (член редколегії);

Рудь Ю.Л., старший науковий співробітник відділу організації наукової роботи та гендерних питань Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, кандидат економічних наук (член редколегії, відповідальна за випуск)

A20

Авіація, промисловість, суспільство : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кременчук, 16 травня 2024 року) / Міністерство внутрішніх справ України, Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж., Науковий парк «Наука та безпека». Харків : ХНУВС, 2024. 530 с.
ISBN 978-966-610-282-2

У збірнику оприлюднені результати наукових досліджень учених, здобувачів вищої освіти, практиків з питань сучасних тенденцій і перспектив розвитку авіації, промисловості, суспільства в умовах сьогодення.

УДК 62(33:34:37:61:65:80)

Доповіді друкуються в авторській редакції!

Оргкомітет не завжди поділяє думку та погляди авторів. Відповідальність за достовірність фактів, власних імен, назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

such as the use of easy removable devices that keep the ventral rudder in its neutral (centralized) position without the need for complex mechanical structures.

Understanding and mitigating the aeroelastic interactions of control surfaces with freeplay in response to gusts is essential for the design and operation of aircraft. This involves comprehensive analysis, simulation, and testing to assess the effects of freeplay on aeroelastic stability and develop appropriate control strategies to minimize adverse effects during flight.

References

1. Urbano S. Detection and Diagnostic of Freeplay Induced Limit Cycle Oscillation in the Flight Control System of a Civil Aircraft, Doctoral dissertation, Universit'e de Toulouse, 2019.- 140 p. URL, <https://oatao.univ-toulouse.fr/24352/>.
2. Aircraft Maintenance Manual, P/N 2757, Rev.84, dated 23 Feb 2024, System Description Section, Subject 27-24-00 – Ventral rudder system, - P.1-16.
3. Embraer 505 Pilots Operating Handbook, Volume 1, Rev.22, dated 31 Oct 2023, 2388 p.
4. EASA EMB-505 Master Minimum Equipment List, Rev.7, dated 30 Nov 2023, 97 p.

УДК 528.7

Аврунін О.Г., д.т.н., професор

Соколов А.А., аспірант

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8087-698X>

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, Україна*

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНОГО АПРАТУ АЛГОРИТМУ MSCKF ДЛЯ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Анотація. У цій роботі висвітлюється математичний апарат алгоритму Multi-State Constraint Kalman Filter (MSCKF), який є важливим складником для побудови сучасних навігаційних систем. Цей алгоритм є інноваційним підходом до вирішення задачі оцінки стану системи в реальному часі, поєднуючи в собі дані від інерційних вимірювальних пристроїв (IMU) та камер для досягнення точного позиціонування та орієнтації в просторі. Алгоритм MSCKF має широкий спектр застосувань у різних галузях, включаючи авіацію, робототехніку, медицину та багато інших.

Ключові слова: алгоритм MSCKF, візуальна одометрія, навігаційні системи.

Сучасні навігаційні системи знаходять застосування за безліччю напрямків: авіації, робототехніки та медицини. Сьогоднішні технології навігації в робототехніці та автономних системах значно просунулися завдяки сукупному використанню навігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС, Галілео) та алгоритмам SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Ці системи забезпечують роботам та автономним пристроям можливість орієнтуватися та будувати карти навколишнього середовища в реальному часі.

ARCore – це платформа доповненої реальності (AR) від Google, що надає

розробникам інструменти для створення програм, які додають віртуальні об'єкти та ефекти у реальну обстановку через камеру смартфона. Математичний апарат ARCore відіграє ключову роль у реалізації цих функцій, забезпечуючи точне позиціонування об'єктів у просторі та взаємодію з реальним світом. ARCore – це відносно доступний інструмент для початківців та програм [1, 2].

ARCore використовує підхід, споріднений Visual-Inertial Odometry (VIO), але зі своєю технологією та методами, розробленими командою Google. Він базується на суміші різних методів, включаючи комп'ютерний зір, машинне навчання та технології аналізу датчиків для досягнення точного відстеження позиції та орієнтації пристрою у реальному часі [3].

Так як це пропрієтарна технологія, не можна точно сказати, які саме методи вона використовує. Розглянемо детальніше один із методів візуально-інерційної одометрії Multi-State Constraint Kalman Filter, який також може застосовуватись у різних навігаційних системах, і є одним із компонентів побудови карт глибини.

Розглянемо основні етапи цього алгоритму, рис 1.

1. Нові дані IMU: потрібно з чогось починати, і нові інерційні виміри – це те, з чого починається цикл. Для початку, нехай x_k означає вектор стану системи в момент часу k , а P_k – відповідну коварійну матрицю помилок. Нові вимірювання IMU можуть бути представлені як де u_k містить дані про прискорення a_k і кутової швидкості w_k .

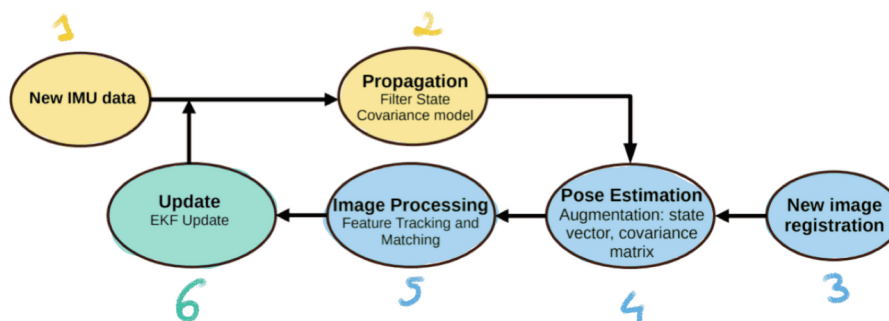


Рисунок 1 – Схема алгоритму MSCKF

2. Розповсюдження (EKF Predict): ми негайно запускаємо крок «Прогнозування» фільтра Калмана. Використовуючи нові дані IMU, стан та коваріація поширюються вперед у часі на основі моделі IMU [4, 5].

Прогнозування стану можна записати як (1, 2):

$$x_{k|k-1} = f(x_{k-1}, u_{k-1}) \quad (1)$$

$$P_{k|k-1} = F_{k-1}P_{k-1}F_{k-1}^T + Q_{k-1} \quad (2)$$

де f – функція прогнозування стану, F_{k-1} – якобіан функції f станом на момент часу $k-1$, Q_{k-1} – матриця коваріації шуму процесу на момент часу $k-1$, $P_{k|k-1}$ –

матриця прогнозу коваріації на момент k розрахована на основі інформації до моменту $k - 1$.

3. Реєстрація нового зображення: одразу після Predict ми додаємо нове зображення.

4. Доповнення оцінки пози: на цьому етапі вектор стану та коваріаційна матриця доповнюються інформацією, отриманою з нових зображень з камери. По суті готуємо наш Фільтр Калмана до «оновлення».

5. Обробка зображень (відстеження та зіставлення функцій). Тут функції витягуються з зображень, відстежуються та зіставляються. Чиста візуальна одометрія.

6. Оновлення розширеного фільтра Калмана (ЕКФ). Фільтр включає візуальну інформацію для коригування оцінки стану та зменшення невизначеності, підвищуючи точність оцінки пози. Це можна записати як (3,4,5).

$$K_{k|k-1} = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1} \quad (3)$$

$$x_k = x_{k|k-1} + K_k (z_k - h(x_{k|k-1})) \quad (4)$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k|k-1} \quad (5)$$

де f – функція прогнозування стану, h – функція спостереження, H_k – якобіан функції h станом на момент часу k , R_k – матриця коваріації шуму спостережень на час k , $K_{k|k-1}$ матрицю Калмана чи коефіцієнт Калмана на момент часу $k - 1$.

7. Повторити цикл для отримання нової інформації.

Далі, маючи інформацію про переміщення від двох джерел, та застосовуючи алгоритми реконструкції, такі як Structure from Motion, можна визначити мапу глибини зображення [6, 7].

Алгоритм MSCKF відіграє важливу роль у реалізації точної візуально-інерційної одометрії, яка є ключовим компонентом у сучасних системах навігації, включаючи ARCore від Google.

Список використаних джерел

1. Семеренко Ю., Селіванова К. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГРАФІЧНИХ БІБЛІОТЕК У СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ОНЛАЙН-ВІРТУАЛЬНИХ ІМІТАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРАХ. ЕЛЕКТРОННА, ЛАЗЕРНА ТА БІОТЕХНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ, м. Харків, 7 квіт. 2024 р. – 9 квіт. 2020 р. 2020. С. 179–180.

2. May 2022 (ARCore SDK version 1.31) changes to Depth| Google for Developers. Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/ar/develop/depth/changes> (date of access: 16.04.2024).

3 Cohen J. How Visual Inertial Odometry (VIO) Works. Welcome to The Library! URL: <https://www.thinkautonomous.ai/blog/visual-inertial-odometry/> (date of access: 16.04.2024).

4. Selivanova K., Avrunin O., Kazimirov N. DETERMINATION OF THE BASIC PARAMETERS OF SENSOR DEVICES FOR THE IMPLEMENTATION OF

PSYCHONEUROLOGICAL RESEARCH WITH THE INTRODUCTION OF MULTITOUCH TECHNOLOGY. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries. 2020. No. 1 (11). P. 147–155. URL: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.147> (date of access: 16.04.2024).

5. Kaess M., Ranganathan A., Dellaert F. iSAM: Incremental Smoothing and Mapping. IEEE Transactions on Robotics. 2008. Vol. 24, no. 6. P. 1365–1378. URL: <https://doi.org/10.1109/tro.2008.2006706> (date of access: 16.04.2024).

6. Nosova Y., Avrunin O., Semenets V. BIOTECHNICAL SYSTEM FOR INTEGRATED OLFACTOMETRY DIAGNOSTICS. Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2017. No. 1 (1). P. 64–68. URL: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.064> (date of access: 16.04.2024).

7. Application of SOFA Framework for Physics-Based Simulation of Deformable Human Anatomy of Nasal Cavity / M. Tymkovych et al. 8th European Medical and Biological Engineering Conference, Portorož, 29 November – 3 December 2020.

УДК 351.749

Гапоненко Г.М., к. пед. н.

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-8572-4395>;

Добрянський О.О., здобувач освіти

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-6606-456X>,

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки,

м. Черкаси, Україна;

Гапоненко Н.П.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3525-0697>,

Відокремлений структурний підрозділ Кам'янець-Подільський фаховий коледж навчально-реабілітаційного закладу

вищої освіти «Кам'янець-Подільський державний інститут»,

м. Кам'янець-Подільський, Україна

ОБРИС ІСНУЮЧИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація: в тезах висвітлено питання класифікації безпілотних літальних апаратів, проведено їх аналіз і запропоновано структуру класифікаційних ознак, проаналізовано і визначено основні функції безпілотних літальних апаратів у військовій сфері. Розглянуто окремі виробники безпілотних літальних апаратів і проаналізовано окремі характеристики.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, класифікація, призначення.

З розвитком науки і техніки пришвидшуються розвиток роботизованих комплексів і систем. Людина завжди використовувала наукові досягнення на свою користь. З досвіду існування людства всі передові технології знаходили своє відображення у військовій сфері. Можливо пафосно, але ми йдемо, а вірніше стоїмо у витоків зародження війни дронів, роботів. Простий приклад з власного досвіду, коли баражуючий боеприпас вражає інший дрон – наземний. І хоча у