

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 4

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 4

Київ 2015 Kyiv

**ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE**

**Журнал друкує статті науковців вузів та установ
України, інших країн відповідно до рубрик:**

Авіаційна і космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних
копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна
техніка, системи зв'язку та приладобудування
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Охорона навколишнього середовища (інженерна еко-
логія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво та будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній
діяльності
Енергетика
Освіта та виховання

**Journal submits articles of researchers of universities
and institutions of Ukraine and other countries in
accordance with headings:**

Aviation and Space Engineering
Military-technical problems
Geology, Mining and Processing of Minerals

Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information systems , computers and electronic equip-
ment , communication systems and instrumentation
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Preservation of Environment (Ecological Engineering)
and Resource Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, law and management in engineering

Energetics
Education and training

Матеріали друкуються українською, російською або
англійською мовами.

Materials are submitted in Ukrainian, Russian or English
languages.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради
Кіровоградського національного технічного
університету

The issue is approved at the meeting of Academic
Council of Kirovograd National Technical University

Протокол № 4 від 30.11.2015р
Вісник Інженерної академії України включений у но-
вий Перелік наукових фахових видань України, в яких
можуть публікуватися результати дисертаційних робіт
на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата
наук в галузі технічних наук (Наказ МОН України від
13.07.2015р. №747)

Protocol No.4 dated 30.11.2015
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included
into the new List of Scientific special editions of
Ukraine, in which results of dissertation works may be
published for to be conferred with academic degrees of
doctor and candidate of sciences in the field of
engineering sciences (Decree of Ministry Education and
Science of the Ukraine No.747 dated 13.07.2015)

Співзасновники:
Кіровоградський національний технічний
університет
Інженерна академія України
Одеська державна академія технічного регулювання
та якості

Cofounders:
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine
Odessa State Academy of Technical Regulation
and Quality

Зміст

Авіаційна і космічна техніка

Безвесільна О.М., Цірук В.Г., Нечай С.О., Чепюк Л.О. СТРУННИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР ПРИЛАДОВОГО КОМПЛЕКСУ СТАБІЛІЗАЦІЇ	8
Бурау Н.І., Шевчук Д.В. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБРОБКА ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КОНСТРУКЦІЙ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ	14
Ванг Бо, Харченко В.П., Грехов А.М., Али И.М. МЕТОД ОЦЕНІВАННЯ ПОТЕРЬ ТРАФИКА В АВИАЦИОННОМ СПУТНИКО- ВОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ	20
Гасиджак В.С., Шевчук Д.О., Кравчук М.П. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РОБО- ТИ ГТД ЗА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ	26
Казак В.Н., Бабенко А.Е., Жарин И.С. ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ЕГО ВНЕШНИХ ОБВОДОВ В ПОЛЕТЕ	33
Клендій О.М. ВИЗНАЧЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ПІД ЧАС РОБОТИ ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА	40
Кучеров Д.П. УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ КОЛЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	45
Рудик А.В. МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ ТА ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	51
Сокол О.Л. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СВЕТОСИГНАЛЬНЫХ СИСТЕМ АЭРОДРОМОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	57
Швець В.А., Швець О.В. ПІДХОДИ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ГЛО- БАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ В ЗОНІ АЕРОПОРТУ Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування	61
Васілевський О.М., Возняк О.М., Дудатьєв І.А., Мостовий Д.В., Підвашецький Д.А. ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ СО ₂ НА БАЗІ ПРОМИСЛОВО-ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА VIRA 200	65
Дубовой В.М., Никитенко О.Д. СТІЙКІСТЬ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ РОЗПОДІЛЕНИХ ГІПЕРТЕКСТОВИХ СИСТЕМ	69
Дрововозов В.І., Толстікова О.В., Журавель Н.В. ЗАСТОСУВАННЯ РІШЕНЬ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ В ЦЕНТРАЛІЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА	76
Квасніков В.П., Шелуха О.О. СИСТЕМА ЗАХОПЛЕННЯ ТА СУПРОВОДУ ОБ'ЄКТІВ В ДИНАМІЧНИХ СИ- СТЕМАХ	80

В.П. Квасніков, д.т.н.

О.О. Шелуха

СИСТЕМА ЗАХОПЛЕННЯ ТА СУПРОВОДУ ОБ'ЄКТІВ В ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ

Національний авіаційний університет (м. Київ) alexztshell@gmail.com

Розглянуто існуючі можливості розвитку динамічних систем зі спрямованими об'єктами управління. Виділено можливість на необхідність впровадження в них систем захоплення та супроводу цільових об'єктів. Цей процес має забезпечуватися за допомогою електронних обчислювальних машин, що надасть можливість цифрової обробки даних.

В роботі розглянуто математичну модель руху цільових об'єктів. Описано процес зав'язки траєкторії об'єкта, що спостерігається. Описано розрахунки для визначення координат об'єкту та методику екстраполяції координат переміщення спостережуваного рухомого об'єкту за допомогою експоненціального згладжування.

Ключові слова: рухома технічна система, захоплення об'єкту, інформаційна система, супровід об'єкту, екстраполяція даних.

Вступ

Сучасні рухомі об'єкти мають великі швидкості, та, відповідно, на них діють значні перевантаження та неконтрольовані механічні збурення. Тому вимоги до точності і швидкодії засобів та методів вимірювання та обробки даних рухомими системами спостереження стають все вищими. Однак, сьогодні досяжна точність обмежується технологічними можливостями наявних засобів, а швидкодія є зовсім недостатньою, оскільки більшість систем є напівавтоматизованими. Тому забезпечення підвищення точності та швидкодії сучасних систем наведення та стабілізації систем спостереження є найважливішою проблемою сучасності.

Існуючі оптико-електронні прилади систем спостереження мають невеликі дальності виявлення та локації об'єктів пошуку, в результаті недостатньої точності, малого діапазону керуючих швидкостей, недостатньої завадостійкості та надійності. Всі ці причини обумовлюють необхідність розробки теорії та принципів побудови систем наведення та стабілізації, елементів і пристроїв рухомих систем, що забезпечуватимуть: високу точність наведення; високу точність стабілізації лінії візування, можливість роботи в умовах дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища.

Аналіз досліджень та публікації

В процесі вирішенні задач аналізу та синтезу інформаційних систем управління виникає необхідність використання певних числових методів та алгоритмів, що їм відповідають. При установці навігаційної системи на рухомі об'єкти, на них діють збурення в широкому діапазоні частот, що значно ускладнює завдання забезпечення необхідної точності стабілізації і вимагає додаткових досліджень та математичного апарату, що розглядається авторами в монографіях [1-6].

Математичний апарат необхідний для створення математичних моделей та прогнозування майбутніх подій достатньо глибоко розглянуто в монографіях [7-9].

Постановка задачі

Проведений аналіз показав великі можливості розвитку інтелектуальних систем відновлення функціональних залежностей в складних технічних системах. Для усунення цих недоліків ведеться розробка швидкодіючої системи ідентифікації параметрів об'єкта управління (ОУ) і обурюють процесів, яка зможе забезпечувати необхідний рівень передбачення подальших збурень і впливу зовнішніх

дестабілізуючих факторів, а також швидке відновлення необхідних функціональних залежностей і підтримку прийняття рішення оператором даної СТС.

У даній роботі пропонується синтез інформаційної підсистеми підтримки прийняття рішення в складній динамічній системі стабілізації платформи з розташованими на ній вимірювальними приладами, що стежать також за динамічними об'єктами.

Основна частина

В даний час добре відомі методи визначення кутових відхилень динамічних об'єкта. Широко розробляються та використовуються методи стабілізації як об'єкта управління, так і всієї платформи. Розробка рішень проблем спостереження і супроводу об'єктів менш поширена, зокрема завдання прогнозування руху об'єкту при тимчасовій втраті його з поля зору.

Для вирішення поставленого завдання необхідно розробити інформаційну систему автоматизованої стабілізації лінії візування і супроводу об'єкта, що спостерігається рухомою системою спостереження. Дана система буде мати вигляд програмно-апаратного модуля, в якому будуть виконуватися розрахунки необхідні для стабілізації як платформи (автомобіль, корабель, літальний апарат і т.д.), так і розташованих на ній приладів вимірювання та спостереження (камера, лазерний покажчик, далекомір, вузьконапрявлена антена і т.д.). Використовуючи результати спостережень, створюється математична модель динамічного об'єкта (ДО), що супроводжується, та виконуються розрахунки для прогнозування положення об'єкта.

Математична модель траєкторії руху спостережуваного ДО створюється у вигляді набору опорних точок з координатами в певній системі координат і з заданими параметрами руху та основними характеристиками ДО [5].

Вхідними даними для створення математичної моделі руху ДО є його траєкторія, яка задана у вигляді набору опорних точок:

$A_0(x_0, y_0, z_0)$ – початкова точка траєкторії руху ДО;

$A_i(x_i, y_i, z_i)$ – точка зміни параметрів руху ДО;

$A_L(x_L, y_L, z_L)$ – кінцева точка траєкторії руху ДО;

де x і y – координати; z – відстань до ДО.

У кожній точці траєкторії задана швидкість руху ДО $V^{i-1} \neq V^i$ в загальному вигляді $V^i(v_x^i, v_y^i, v_z^i)$.

Модель повинна дозволяти розраховувати координати і параметри руху ДО в будь-який момент часу t із заданою точністю. Таким чином, в результаті моделювання отримуємо набір векторів a_i , кожен з яких є вектором стану i -го ДО, і містить інформацію про всю траєкторію в будь-який момент часу t : $a_i = (a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^i, t)$. Елементами a_i є просторові (як правило, прямокутні) координати об'єкта (x, y, z) ; параметри руху - швидкість, курс (V, Q) ; дані про тип об'єкта тощо.

Довільна траєкторія руху ДО може бути представлена сукупністю ділянок таких типів:

- прямолінійного руху, з маневром по швидкості і висоті;
- криволінійного руху по дузі кола (маневр за курсом);
- криволінійного руху по спіралі (маневр за курсом і висоті).

Процес виявлення нової траєкторії починається зі створення навколо одиночної позначки початкового стробу первинного захоплення, розміри якого обираються виходячи з можливого переміщення об'єкта спостереження за період фіксації зображення. Якщо у наступному зображенні в строб первинного захоплення потрапили одна або кілька позначок, то по кожній з них «зав'язується» нова траєкторія.

При відсутності відміток у стробі первинного захоплення початкова відмітка або скидається як помилкова, або залишається для підтвердження в наступних зображеннях, з відповідним збільшенням розмірів стробу первинного захоплення

Після того, як траєкторія зав'язана, визначається напрямок і швидкість руху об'єкту спостереження, що дозволяє екстраполювати і стробувати його положення на наступні моменти фіксації. При попаданні в ці строби нових відміток приймається остаточне рішення про виявлення траєкторії.

Таким чином, процес виявлення траєкторії розбивається на два етапи: на першому здійснюється зав'язка (виявлення), на другому проводиться підтвердження зав'язаною траєкторії, тобто остаточне виявлення траєкторії, за іншим заздалегідь встановленим критерієм. В окремих випадках другого етапу виявлення траєкторії може і не бути.

Основними обчислювальними операціями, що здійснюються в процесі виявлення траєкторії, є: оцінка швидкості, екстраполяція координат і стробування відміток.

Процес «зав'язки» нової траєкторії починається з відбору одиночної позначки, тобто позначки, яка не потрапила до стробів, що утворені в процесі супроводу або виявлення інших траєкторій. В подальшому розглядається процес зав'язки траєкторій по критерію «2 з m » ($2/m$) у відповідності до алгоритму, операторна схема котрого записується в наступному вигляді

$$4,7,8 \Phi_1 A_2 P_3 \downarrow_5 A_4^1 \quad 3 \quad F_5 P_6 \downarrow_8 F_7^1 \quad 6 \quad F_8^1$$

Оператори цього алгоритму такі:

- Φ_1 — обрання наступної відмітки, прийнятої за початок нової траєкторії у попередніх розглядах,
- A_2 — формування стробу початкового захоплення,
- P_3 — перевірка захоплення кожної нової відмітки у сформованні строб,
- A_4 — розрахунок початкових параметрів зав'язаної траєкторії,
- F_5 — формування (рахунок) числа пропусків та відміток після початкової відмітки,
- P_6 — перевірка нерівності $i < m-1$,
- F_7 — запис числа i для перевіреної відмітки,
- F_8 — скидання початкової відмітки без зав'язки траєкторії.

Наступним кроком є визначення координат центру об'єкта – x_i, y_i . Для цього використовуються, $x_{л_i}, x_{п_i}$ та $y_{в_i}, y_{н_i}$ – крайні горизонтальні та вертикальні координати об'єкта відповідно, та $g_x(t_i), g_y(t_i)$ – дані про зміщення по осях, що надходять з блоку гіроскопічних пристроїв

$$\begin{aligned} x_i &= x_{сер_i} + g_{x_i}, \\ y_i &= y_{сер_i} + g_{y_i}, \end{aligned}$$

$$\text{де } x_{сер_i} = \frac{x_{л_i} + x_{п_i}}{2}, \text{ та } y_{сер_i} = \frac{y_{в_i} + y_{н_i}}{2}.$$

Після цього інформаційна система розраховує дані, що передаються до блоку управління, який генерує управляючі сигнали на приводи ОУ, за наступними формулами

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= x_i - x_{i-1}, \\ \Delta y_i &= y_i - y_{i-1}. \end{aligned}$$

У випадку зникнення РО з поля зору – використовується методика екстраполяції функції переміщення даного РО за даними з розрахованої математичної моделі, що включає попередньо збережені дані про положення об'єкта, та його переміщення. Для цього обрано метод експоненціального згладжування, що працює на основі методу ковзаючого середнього, проте використовує вагові коефіцієнти, що зменшуються при віддаленні за часом від моменту прогнозування.

Першим кроком визначаємо константу згладжування ($0 < \alpha < 1$), а після цього обчислюємо прогнозовану $x_{сер_i}^*$ формулою

$$x_{сер}^* = \alpha x_{сер_{i-1}} + \alpha(1-\alpha)x_{сер_{i-2}} + \alpha(1-\alpha)^2 x_{сер_{i-3}} + \dots,$$

або спрощено за рекурентною формулою

$$x_{сер}^* = \alpha x_{сер_{i-1}} + (1-\alpha)x_{сер_{i-1}}^*.$$

Так само обраховується прогнозування $x_{сер}^*$.

Коефіцієнти при $x_{сер_{i-1}}$, $x_{сер_{i-2}}$, $x_{сер_{i-3}}$, ... поступово зменшуються, тим самим ця процедура призначає найбільший коефіцієнт останнім (за часом) даним.

Вибір константи згладжування α впливає на точність прогнозування рухомого об'єкта. На практиці значення α обирається в межах від 0.01 до 0.3.

Висновки

Було розглянуто можливості для розвитку рухомих систем з напрямленим об'єктом управління. Запропоновано створити систему визначення, захоплення та супроводу траєкторії спостережуваного рухомого об'єкта.

Сформульовано математичну модель руху такого об'єкту у вигляді набору опорних точок в певній системі координат з заданими параметрами руху. Визначено основні ділянки руху динамічних об'єктів.

Описано процес «зав'язки» нової траєкторії у вигляді алгоритму, та екстраполяції переміщення рухомого об'єкту, що спостерігається.

Література

- 1) Безвесільна О.М., Квасніков В.П., Цірук В.Г., Чіковані В.В. / Системи наведення та стабілізації озброєння: Монографія. Київ: НАУ, 2014. – 176с.
 - 2) Бесекерский В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. Изд. 4-е, перераб. и доп. СПб, изд-во «Профессия», 2003. 752с.
 - 3) Идентификация систем управления, Эндрю П. Сейдж, Джеймс Л. Мелса, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974, 248 стр.
 - 4) Кучеров Д.П., Камышин В.В. Синтез адаптивных систем терминального управления; Монография. / Д. П. Кучеров, В. В. Камышин. – К.: Инфосистем, 2010. – 232 с. – Библиогр.: с. 218–231.
 - 5) Цибульська Є. О. Математичні моделі рухомих об'єктів / Є.О. Цибульська // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2012. №2. С. 25-37.
 - 6) Москвин Б.В. Теория принятия решений: Учебник / Б.В. Москвин. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2005. – 383 с.
 - 7) Кузьмин С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. М.: «Сов. радио», 1974. 432 с.
 - 8) Таха, Х. А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. / Х. А. Таха. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.
- Экспериментальная механика: в 2-х кн.: Кн. 2. Пер с англ. / Под ред. А. Кобаяси. М.: Мир, 1990. 552 с.