

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ШЕЛУХА ОЛЕКСІЙ ОЛЕГОВИЧ



УДК 004.9:681.5

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ  
ПРИ ВІДЕОСУПРОВОДЖЕННІ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: Заслужений метролог України,  
доктор технічних наук, професор  
**Квасніков Володимир Павлович**,  
Національний авіаційний університет,  
завідувач кафедри комп'ютеризованих  
електротехнічних систем та технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Шостак Ігор Володимирович**,  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
професор кафедри інженерії програмного забезпечення;

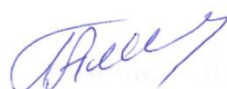
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
**Мельник Ольга Григорівна**,  
Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля Національного університету  
цивільного захисту України, доцент кафедри управління у  
сфері цивільного захисту.

Захист дисертації відбудеться «27» квітня 2021 р. о 10<sup>00</sup> годині в каб. 305а на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.04 при Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ, вул. Івана Огієнка, 19.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ, вул. Івана Огієнка, 19.

Автореферат розісланий «26» березня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 26.820.04



О.А. Герцій

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку систем обробки і аналізу інформації збільшуються обсяги застосування комп'ютеризованих систем в усіх областях людської діяльності. Широке впровадження вони отримали в системах стеження, забезпечення безпеки різних об'єктів, передачі, обробки, зберігання відеоінформації, орієнтації та навігації при застосуванні на базі мобільних комплексів.

Особливе місце серед задач комп'ютеризованих систем, що застосовуються на мобільних комплексах посідає процес стеження за навколишнім середовищем та оточуючими рухомими об'єктами, що включає в себе задачі сприйняття, інтерпретації, ідентифікації та функціонального опису руху цих об'єктів для подальшої взаємодії з ними інформаційно-вимірвальних підсистем.

Прискорення пошуку та визначення координат рухомих об'єктів вимагають створення бортових систем керування рухом, вдосконалення комп'ютеризованих систем спостереження за наземними, повітряними, чи підводними об'єктами та обробки даних із навігаційних систем, встановлених на мобільних комплексах. Тому важливим є завдання побудови систем, що забезпечать підвищення точності та швидкодії підсистем наведення та стабілізації у рухомих системах. Рішення даного завдання розрізняються за складністю залежно від виду об'єкта, фону і розташування мобільної оптико-електронної комп'ютеризованої системи відеоспостереження.

Теорія проектування програмних систем наведення та супроводження широко розглянута вітчизняними та зарубіжними вченими – Алпатовим Б. О., Беллманом Р., Бесекерським В. А., Болтянським В. Г., Брайсоном А., Булгаковим Б. В., Гонсалесом Р., Гостьовим В. І., Ейкхоффом П., Єськовим Д. І., Костюком В. І., Кузьмінім С. З., Лакотою М. А., Льюнгом Л., Сейджем Е. П., Солодовніковим В. В., Тахою Х. А., Ципкіним Я. З., Чемодановим Б. К. та іншими.

Специфіка та умови експлуатації комп'ютеризованих систем відеоспостереження, а також функціональне призначення мобільних комплексів визначають його конструктивні особливості, складність систем обробки інформації, керування та програмного забезпечення тощо. При цьому важливими є завдання створення та вдосконалення високоефективних технічних і програмних компонентів комп'ютеризованих систем загального та спеціального призначення, а саме: автоматизація реєстрації, відстеження відносного переміщення і визначення параметрів рухомих об'єктів, розташованих в полі зору відеомодуля мобільного комплексу.

На сьогодні визначається зростання потреб у розробці систем ідентифікації параметрів оточуючих об'єктів, у створенні алгоритмічного, апаратно-програмного забезпечення та у розробці систем обробки цієї інформації на базі комп'ютеризованих та інформаційно-вимірвальних систем. При цьому підвищення точності та швидкодії є одним із пріоритетних напрямків розвитку в галузі технічних і програмних засобів взаємодії оператора з комп'ютеризованими системами при відеосупроводженні, орієнтації та навігації. Тому розробка методів підвищення швидкодії, автоматизації та інтелектуалізації процесів відстеження відносного переміщення і визначення параметрів об'єктів у полі зору відеомодуля

мобільних комплексів представляє собою актуальну науково-технічну задачу, розв'язання якої дозволить підвищити рівень ефективності процесу відеосупроводження рухомих об'єктів комп'ютеризованими системами.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій відповідно до тематичних планів і науково-дослідних робіт Національного авіаційного університету, відповідно до Закону України № 3715-VI "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні", зокрема за напрямом "Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки", а також відповідно до держбюджетної тематики Міністерства освіти і науки України в науково-дослідній роботі № 864-ДБ13 "Теорія та принципи побудови інтелектуальних вимірювальних систем для контролю геометричних параметрів високоточних деталей" (номер держ. реєстрації 0113U000083), де автор був виконавцем підрозділу 3.2 та в науково-дослідній роботі № 125-ДБ17 "Методологія побудови сучасних дистанційних інформаційно-вимірювальних систем" (номер держ. реєстрації 0117U002367), де автор був виконавцем підрозділу 3.4.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є створення високоефективних комп'ютеризованих систем відеосупроводження рухомих об'єктів, шляхом розробки нових та вдосконалення існуючих методів та моделей обробки інформації.

На основі аналізу методів і технічних засобів систем спостереження та супроводу об'єктів, а також вимог до мобільних комплексів, сформульовано наступні науково-технічні задачі дослідження:

1. Провести аналіз існуючих систем відеоспостереження та супроводу рухомих об'єктів, визначити задачі комп'ютеризованих засобів в цих системах та стан їх вирішення, обґрунтувати та сформулювати завдання дослідження.

2. Розробити модель системи траєкторного стеження та метод опрацювання інформації, які дозволять оптимізувати процеси отримання, обробки та збереження даних для відеоспостереження та супроводу рухомих об'єктів і дозволять працювати в автоматизованому режимі системі відеосупроводження рухомих об'єктів, що використовуються на базі мобільного комплексу.

3. Вдосконалити метод керування комп'ютеризованою системою обробки інформації при відеосупроводженні, що забезпечить можливість визначення цілей, набору дій та прийняття оптимального рішення оператором мобільного комплексу.

4. Розробити методику застосування комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи відеосупроводження рухомих об'єктів оператором мобільного комплексу.

5. Дослідити ефективність роботи розроблених моделей, методів та взаємодії між елементами комп'ютеризованої системи відеосупроводження рухомих об'єктів.

*Об'єктом дослідження* є процес обробки інформації, що супроводжує підготовку даних для взаємодії оператора з комп'ютеризованими системами відеосупроводження рухомих об'єктів.

*Предметом дослідження* є моделі, методи і алгоритми аналізу та

відображення багатовимірних даних, які спрямовані на обробку інформації програмними та технічними засобами при взаємодії з комп'ютеризованими системами відеосупроводження рухомих об'єктів.

**Методи дослідження.** У роботі застосовуються методи апроксимації та фільтрації траєкторії для створення математичної моделі спостережуваних рухомих об'єктів. Методи функціонального аналізу, математичної статистики та теорії імовірностей, оптимального керування, теорії графів та систем автоматичного керування для розробки методики взаємодії оператора з комп'ютеризованою системою обробки інформації та оцінки точності роботи системи в прикладних задачах; методи візуального програмування та моделювання – для експериментального дослідження моделі системи відеосупроводження.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розробці моделей та методів обробки інформації в комп'ютеризованих системах відеосупроводження рухомих об'єктів, а саме:

1. Вперше розроблено комп'ютеризовану систему обробки інформації для систем відеосупроводження на базі мобільних комплексів, яка на відміну від раніше відомих, дозволяє проводити супровід рухомих об'єктів шляхом відмінностей режимів їх рухів, при траєкторному стеженні, та дає можливість підвищити ефективність роботи автоматичних систем траєкторного стеження, стабілізації та наведення в ході відеосупроводження рухомих об'єктів.

2. Отримав подальший розвиток метод обробки даних відеозображення рухомого об'єкту із застосуванням експоненційного згладжування та фільтра Калмана, що використовуються на базі мобільних комплексів, який на відміну від існуючих, дозволяє працювати в автоматичному режимі, що забезпечує підвищення ефективності, швидкодії та точності при вирішенні задач керування.

3. Удосконалено метод керування системою відеосупроводження, який базується на застосуванні багатокритеріальної оптимізації обробки інформації та відрізняється від раніше відомих використанням умовно оптимальних точок в процесі відеоспостереження, а також при аналізі та корегуванні процесу руху платформи в умовах невизначеності.

4. Отримав подальший розвиток метод відеосупроводження рухомих об'єктів, який на відміну від існуючих базується на використанні триосьової системи траєкторного стеження та враховує обертальний рух мобільного комплексу – носія системи відеоспостереження та дозволяє підвищити швидкодію обробки інформації та точність утримання лінії візування.

**Практичне значення одержаних результатів** роботи полягає в наступному:

1. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення системи контролю параметрів відеосупроводження рухомих об'єктів, що забезпечує проведення моделювання та дослідження процесу експлуатації системи в різних умовах, що є основою для реалізації розробленої комп'ютеризованої системи.

2. Розроблено методику керування комп'ютеризованою системою відеоспостереження, що забезпечує автоматизоване відеосупроводження рухомих систем, а також зменшує час наведення на об'єкт спостереження.

3. Розроблено комп'ютеризовану систему обробки даних з елементами інтелектуалізації, що при відеосупроводженні рухомих об'єктів дозволяє підвищити

ефективність керування на 8% та зменшити вплив дестабілізуючих факторів.

4. Запропоновано та відпрацьовано в умовах виробництва структурну схему приладів комп'ютеризованої системи обробки інформації, до складу якої входять: сенсори переміщення, швидкості, напрямку руху об'єктів, в тому числі лінії зв'язку чутливого елемента, нечутливої до наводок від виконавчих механізмів і інших пристроїв на відстані до 1000 м, блоки для синхронного взаємозв'язку приладів у системі, блок зв'язку датчиків швидкості з програмним інженерним комплексом LabView для проектування систем цільового призначення.

5. Розроблено нові програмні моделі, програмно-апаратні інтерфейси та стенди для моделювання та перевірки роботи комп'ютеризованої системи обробки інформації при відеосупроводженні рухомих об'єктів та прогнозування.

Практичні результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено на підприємстві ПАТ «НВО «Київський завод автоматики» та використовуються в навчальному процесі Національного авіаційного університету.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих в співавторстві: [1] – проведено аналіз систем ідентифікації параметрів у складних технічних системах; [3] – запропоновано методика побудови математичної моделі руху спостережуваного об'єкта; [5] – запропоновано програмну модель системи відеосупроводження рухомих об'єктів; [6] – проведено аналіз роботи програмної моделі системи відеосупроводження та отриманих результатів; [7] – проведено моделювання автоматизованої системи супроводу рухомих об'єктів та запропоновано етапи її роботи.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи пройшли апробацію на наступних конференціях: Міжнародна науково-практична конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» (Київ, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020 рр.); Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (Чернігів, 2014, 2015, 2016, 2017 рр.); Міжнародна науково-практична конференція "Метрологія, технічне регулювання та забезпечення якості" (Одеса, 2015 р.); Міжнародна науково-практична конференція "Метрологія, технічне регулювання, якість: досягнення та перспективи" (Одеса, 2016 р.); Всеукраїнська науково-практична «Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення» (Житомир 2014 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології» (Житомир, 2016 р.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю, з них: 7 статей у фахових виданнях України, з яких 2 статті у виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз даних та 14 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

**Структура і об'єм дисертації.** Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків. Загальний обсяг роботи складає 175 сторінок (з них 159 – основного тексту), 39 рисунків, 1 таблиця, список використаних джерел по розділах становить: розділ 1 – 78 джерел, розділ 2 – 41 джерело, розділ 3 – 37 джерел, розділ 4 – 28 джерел, додатки на 16 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі представлена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність проблеми досліджень, показано зв'язок обраного напрямку з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та задачі дослідження. Викладено основні положення, які виносяться на захист, визначається наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача, наведено дані про апробацію, публікації за темою роботи та впровадження результатів дослідження.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз досліджень в сферах комп'ютеризованих систем управління, автоматизації та інтелектуалізації процесів керування в складних технічних системах та мобільних комплексах, а також ідентифікації параметрів та обробки інформації при аналізі зображення в системах відеоспостереження. На основі аналізу запропоновано нову, більш ефективну, функціональну схему супроводження рухомих об'єктів (рис. 1).

В блоці 1 вирішується задача вибору та ідентифікації координат об'єкта спостереження. В блоці 2 визначається, чи виявлено об'єкт спостереження на зображенні, і за результатами дані передаються до блоку 3 або до блоку 5.



Рисунок 1 – Структурна функціональна схема відеосупроводження рухомих об'єктів

В блоці 3 вирішується задача фільтрації параметрів траєкторії у відповідності до алгоритмів супроводження. Результати фільтрації передаються оператору, та до блоку 4, в якому виконуються операції апроксимації та прогнозування координат об'єкта спостереження для формування параметрів стробування та відстеження у блоці 6 на наступний крок 1.

В блоці 5 реалізується алгоритм перевірки критерію втрати об'єкта спостереження при відсутності на певному кроці об'єкта для продовження траєкторії відстеження. При виконанні критерію формується сигнал зриву супроводження та виконується скидання попередніх даних про траєкторію рухомого

об'єкта. Якщо критерій не виконується – то в якості координат центру об'єкта спостереження використовуються екстрапольовані, та виконується новий цикл обрахунків для продовження траєкторії спостережуваного об'єкта.

В блоці 6 вирішується задача формування параметрів строга на наступний,  $n+1$ -й крок. Координати центра строга надходять з блоку 4. При визначенні розмірів строгу використовуються точнісні характеристики виміряних та екстрапольованих координат, а також інформація про відсутність об'єкта в стробі на попередньому кроці.

Розроблено класифікацію завдань інтелектуального аналізу даних, а саме: виділено завдання синтезу моделі, завдання відновлення регресії, завдання прогнозування нових значень, завдання аналізу даних за призначенням, завдання кластеризації та завдання визначення взаємозв'язків.

Проведено аналіз методик та методів обробки інформації в автоматизованих системах; визначено вимоги до систем обробки даних; розроблено класифікацію моделей системи; сформульовано та обґрунтовано науково-технічні задачі дисертаційної роботи та етапи їх виконання.

У **другому розділі** розроблено методи та моделі ідентифікації параметрів рухомих об'єктів. Розроблено модель технічної системи, яка дозволить ефективно організувати процеси отримання та обробки даних для відеоспостереження, супроводу та наведення при роботі в автоматизованому режимі. Розроблено метод інтелектуалізації контролю параметрів супроводження рухомих об'єктів. Встановлено фактори, які відіграють основну роль при побудові математичних моделей обробки інформації з відеозображення.

Запропоновано модель ідентифікації параметрів (рис. 2).

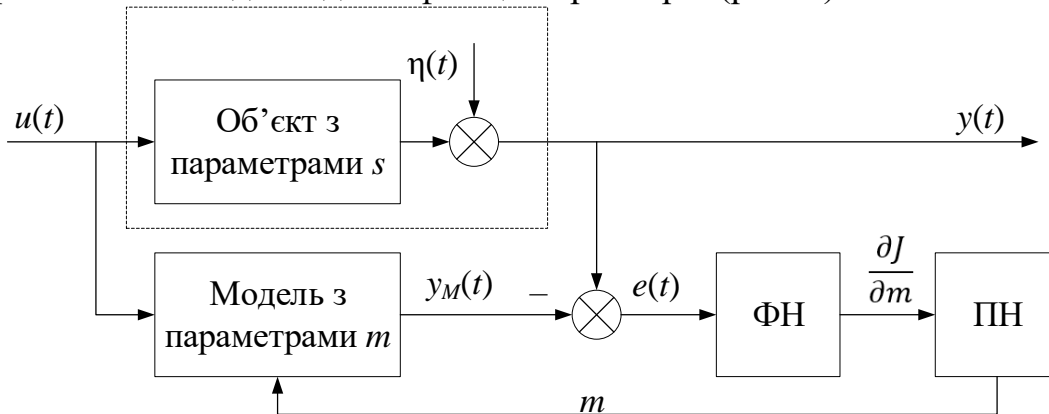


Рисунок 2 – Схема ідентифікації параметрів

На рис.2 введені позначення:  $u(t)$  – вхідний вплив;  $\eta(t)$  – випадковий вплив;  $y(t)$  – вихідний вплив об'єкта;  $y_M(t)$  – вихідний вплив моделі;  $e(t)$  – різниця (нев'язка) між виходами об'єкта та моделі;  $s$  – вектор параметрів об'єкта;  $m$  – вектор параметрів моделі,  $J$  – критерій ідентифікації, ФП – функціональний перетворювач, ПН – пристрій налаштування.

На основі порівняння спотвореного перешкодою  $\eta(t)$  вихідного сигналу об'єкта  $y(t) = f_0(u(t), \eta(t), s)$  з вихідним сигналом моделі  $y_M(t) = f(u(t), 0, m)$  знаходиться невязка – різниця вихідних величин об'єкта і моделі:

$$e(t) = y(t) - y_M(t) = e(y(t), y_M(t), \beta),$$

Для оцінки відповідності моделі об'єкту введена функція втрат (функція нев'язки)  $F[e(y(t), y_M(t), m)]$ , що залежить від виходів об'єкта та моделі і не залежна від оператора, та на її основі формулюється критерій ідентифікації:

$$J(y, y_M, m) = M\{F[e(y(t), y_M(t), m)]\},$$

де  $M$  - математичне очікування величини;  $F[*]$  - деяка функція нев'язки, що, як правило, є парною функцією  $F[e] = F[-e]$ . Критерій ідентифікації характеризує адекватність моделі реальному об'єкту, та представляє собою середні втрати.

Запропоновано процес управління в комп'ютеризованих системах на базі формалізованих математичних моделей адаптованих до використання у реальних системах спостереження. Формалізовано процеси формування структури комп'ютеризованої системи траєкторного стеження та підходи до побудови моделі спостережуваних рухомих об'єктів, серед яких виділено підхід, що дозволяє оптимально виконувати поставлену задачу супроводження траєкторії рухомого об'єкту.

Вдосконалено метод побудови інтелектуалізованих підсистем автоматизованого спостереження та супроводу об'єктів, що базується на використанні фільтру Калмана. Визначено фактори, що впливають на точність системи відеосупроводження, основними з яких є: максимальна кутова швидкість і прискорення зміни напрямку на об'єкт; ширина поля зору відеодатчика та розмір формованого ним зображення; точність визначення координат центру об'єкта.

Розроблено функціональну схему комп'ютеризованої системи відеосупроводження (рис. 3).

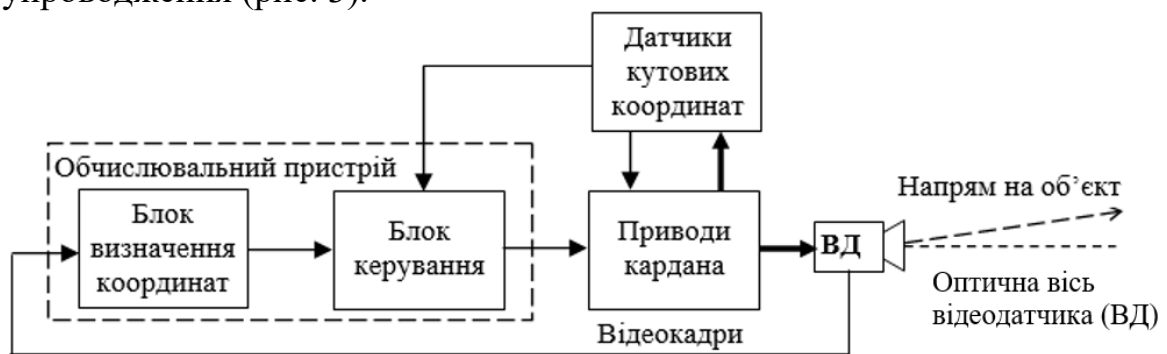


Рисунок 3 – Функціональна схема комп'ютерної системи відеосупроводження

Запропоновано метод обробки даних в системах відеосупроводження рухомих об'єктів, який реалізується алгоритмом (рис. 4).

Розроблений порядок роботи алгоритму, що полягає в наступному:

1. З відеодатчика до блоку ідентифікації параметрів надходить зображення спостережуваного об'єкту, що було зафіксовано оператором системи, а з блоку гіроскопічних пристроїв надходять значення впливу зовнішніх збурень.

2. За отриманим зображенням, в комп'ютеризованій системі виконується розрахунок параметрів руху цього об'єкта, а дані з блоку гіроскопічних пристроїв використовуються для кореляції зображень.

3. Проводиться порівняння отриманих даних про об'єкт з попередньо визначеними у базі знань (БЗ) даними.

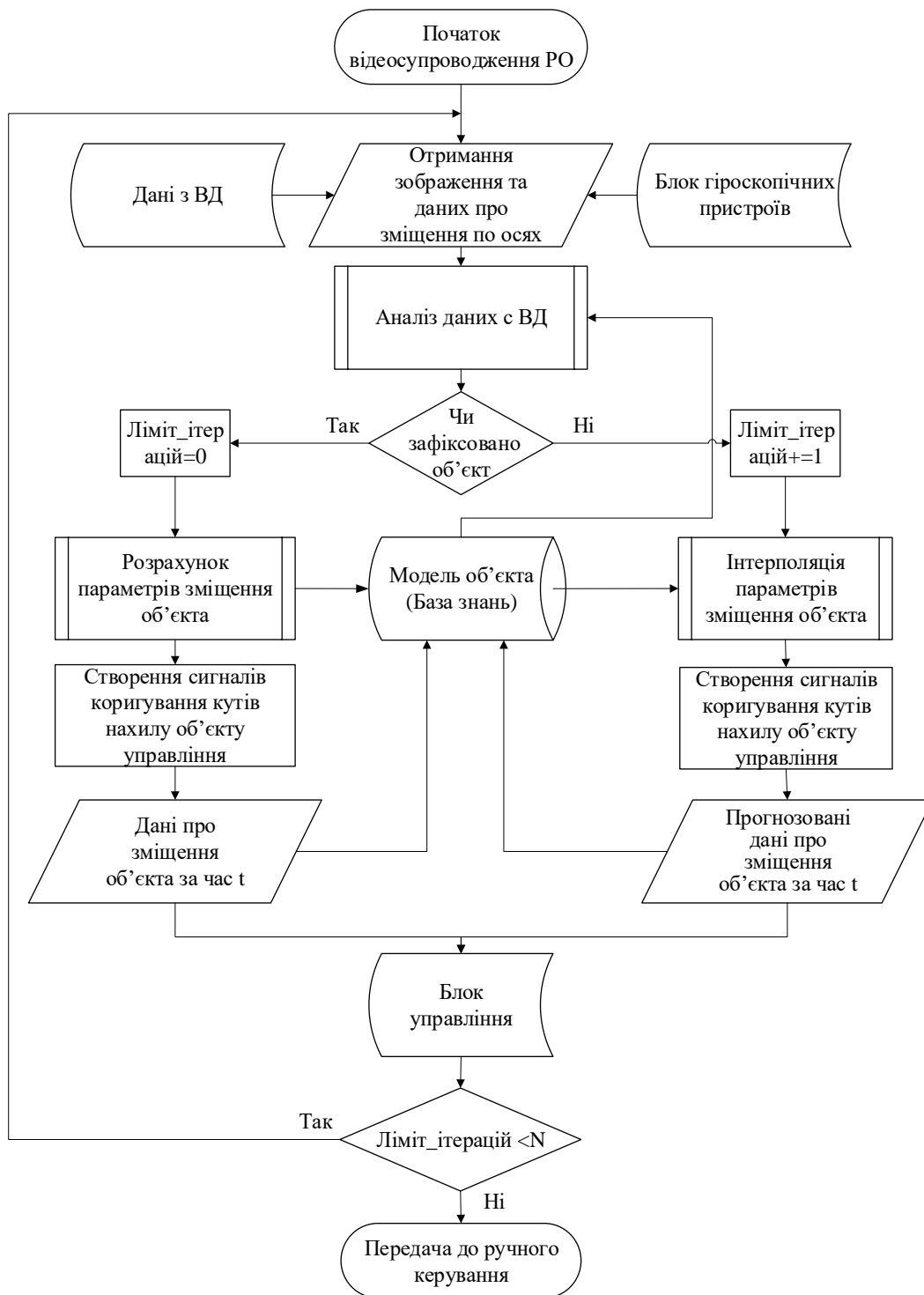


Рисунок 4 – Алгоритм обробки даних в системі відеосупроводження

4. Визначається наявність відповідного рухомого об'єкту (РО) на зображенні та проводиться розрахунок даних зміщення об'єкта управління (ОУ) для суміщення осі візування з РО та виконується ідентифікація параметрів об'єкта спостереження.

5. Розраховані координати зміщення та параметри рухомого об'єкту записуються у модель та передаються до бази знань.

6. Дані про прогнозоване зміщення передаються до блоку управління комп'ютеризованої системи, де, формуються керуючі сигнали, що забезпечують стабілізацію та вирівнювання вісі візування ОУ з врахуванням переміщень спостережуваного РО; виконується перехід до наступного кроку відеосупроводження.

7. У випадку втрати об'єкта з поля зору (невідповідність спостережуваного об'єкта моделі з бази знань), з БЗ беруться останні дані про зміщення спостережуваного об'єкту та виконується прогнозування (екстраполяція) координат зміщення РО.

8. При досягненні граничної кількості (N) ітерацій без виявлення об'єкта – виконується передача управління до ручного режиму оператора.

Для формування моделі спостережуваного рухомого об'єкта запропоновано використовувати геометричні характеристики об'єкта, такі як розмір, координати ключових точок, відстань до об'єкта, швидкість зміщення тощо.

Запропоновано застосування двоосового карданного підвісу, що дозволяє враховувати кут повороту та азимут напрямку на рухомий об'єкт та здійснювати керування положенням оптичної осі ВД за допомогою двох приводів. Отримав розвиток процес моделювання кутів повороту при траєкторному русі об'єкта на плоскому зображенні.

У третьому розділі розроблено математичну модель прогнозування траєкторії рухомого об'єкта на базі методу експоненційного згладжування та фільтра Калмана:

$$\begin{aligned}\hat{x}_n &= \hat{x}_{n^*} + \alpha(x_n - \hat{x}_{n^*}) \\ \hat{x}_n &= \hat{x}_{n-1} + \beta(x_n - \hat{x}_{n^*})/T_0 \\ \hat{x}_{n^*} &= \hat{x}_{n-1} + \hat{x}_{n-1}T_0\end{aligned}\quad (1)$$

де  $n$  – крок вимірювання,  $n - 1$  – попередній крок вимірювання,  $n^*$  – екстрапольовані (прогнозовані) на попередньому кроці дані,  $x_n$  – виміряна координата на кроці  $n$ ,  $\hat{x}_n$  – розрахована (прогнозована) координата на кроці  $n$ ,  $\hat{x}_n$  – швидкість зміни координати за один крок (період) вимірювання  $T_0$ .

Розроблено граф цілей і завдань для функціонування підсистеми обробки зображення та прийняття рішень системою траєкторного стеження (рис. 5). На графі (рис.5) наведено наступні позначення:  $U_0^n$  – отримання  $n$ -го кадру зображення;  $X_0^n$  – отримано кадр зображення;  $U_1^n$  – обробка зображення;  $X_1^n$  – об'єкт зафіксовано;  $X_2^n$  – об'єкт не зафіксовано;  $U_2^n$  – ідентифікація параметрів об'єкта;  $X_{*1}^n$  – відомі попередні дані про об'єкт;  $X_{*2}^n$  – невідомі попередні дані про об'єкт;  $U_{31}^n$  – продовження супроводу;  $U_{32}^n$  – взяття до супроводу;  $U_{33}^n$  – екстраполяція даних з розширеним стробом;  $U_{34}^n$  – зазначення втрати об'єкта;  $U_0^{n+1}$  – отримання наступного кадру.

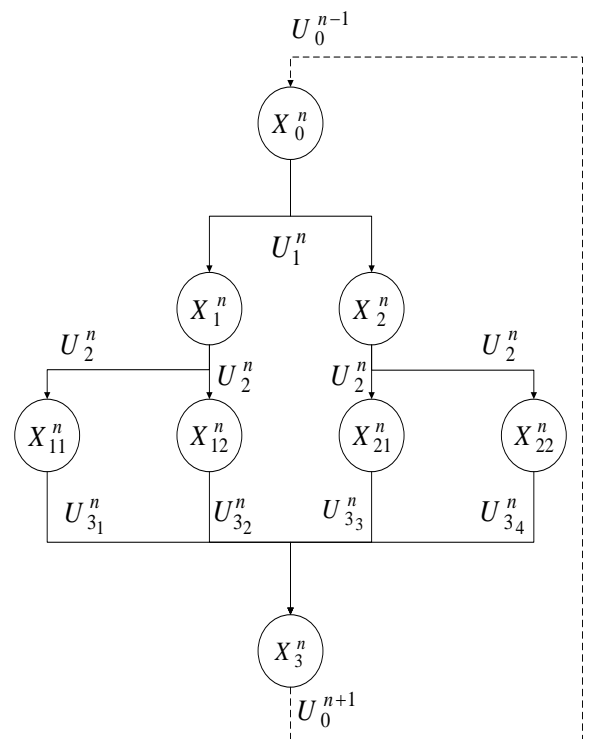


Рисунок 5 – Граф функціонування підсистеми обробки зображення та прийняття рішень

Розроблено математичну модель обробки даних про траєкторію спостережуваного рухомого об'єкту з урахуванням послідовності операцій та множини всіх допустимих алгоритмів реалізації процесу функціонування системи, що дозволяє стежити за об'єктом в реальному часі.

Запропоновано метод розрахунку розміру стробу екстраполяції зі зворотнім зв'язком та коефіцієнтами згладжування  $\alpha$  та  $\beta$  фільтра Калмана. Для мінімізації динамічної похибки екстраполяції координати запропоновано наступне співвідношення:

$$\beta = \frac{\alpha^2}{2 - \alpha}.$$

Значення  $\alpha$  та  $\beta$  слід обирати виходячи з вимоги попадання з заданою ймовірністю ( $p=0,95$ ) в строб супроводу траєкторії рухомого об'єкту, для чого отримано рівняння:

$$\frac{g_M T_0^2}{\sigma_{x_n}} = \left( \frac{L}{2\sigma_{x_n}} - c \sqrt{\frac{6\alpha - 5\alpha^2}{8 - 8\alpha + \alpha^2}} \right) \frac{\alpha^2}{2 - \alpha},$$

де  $g_M$  – функція інтенсивності маневру,  $T_0$  – період отримання кадрів,  $\sigma_{x_n}$  – середньоквадратичне відхилення вимірювання координати  $x$ ,  $L$  – ширина сторони строба,  $c$  – коефіцієнт надійності,  $\alpha$  – коефіцієнт згладжування фільтра Калмана.

При відомому значенні періоду отримання кадрів  $T_0$  та нормалізованому розмірі кадру  $q$  відповідно до номограми (рис. 6) визначаємо значення  $\alpha$ , як функцію інтенсивності маневру  $g_M$  та застосовуємо обраний коефіцієнт для розрахунку екстрапольованого значення координати об'єкта спостереження на наступному кроці.

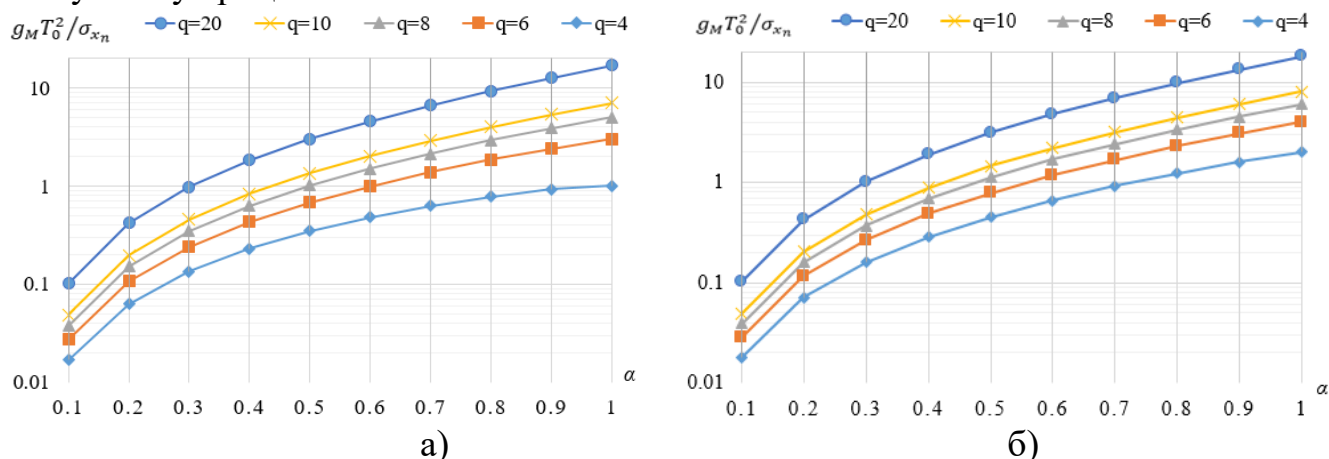


Рисунок 6 – Номограми залежності  $g_M T_0^2 / \sigma_{x_n}$  від коефіцієнтів: згладжування  $\alpha$  при різних значеннях параметра  $q = L / 2\sigma_{x_n}$  та надійності  $c$ : а) при  $c = 2$ , б) при  $c = 3$

Розроблено метод розрахунку оптимального критерію стійкого супроводження  $K_{ст}$  та граничного критерію втрати об'єкта  $K_{гр}$ . Показано, що значення  $K_{ст}$  визначається близьким до точності вимірювання  $K_{ст}^2 \approx 1$ , а значення

$K_{гр}^2$  може бути розраховано за умовою рівності розміру вимірюваного та первинного стробів. З врахуванням відомих характеристик руху спостережуваного об'єкту, визначається як:

$$K_{гр}^2 = \left( \frac{\dot{x}_{max} * T_0}{\lambda * \sigma_x} \right)^2 - 1,$$

де  $\dot{x}_{max}$  – максимальне значення швидкості координати руху об'єкту спостереження за координатою  $x$ ,  $\sigma_x$  – середньоквадратична похибка вимірювання координати  $x$ ,  $\lambda$  – коефіцієнт збільшення розмірів строба (розраховуємо на основі максимального зміщення об'єкта спостереження за один крок:  $\lambda = 2 * \frac{\dot{x}_{max} * T_0 + \sigma_x}{\dot{x}_{max} * T_0 - \sigma_x}$ ).

Побудовано граф процесу функціонування системи супроводження рухомих об'єктів між пороговими значеннями  $K_{ст}$  та  $K_{гр}$  з трьома режимами (рис. 7):

Режим 1. Точка знаходиться між граничними значеннями, що відповідає режиму нестійкого супроводження;

Режим 2. При екстраполяції досягається точність близька до вимірюваного значення, що відповідає режиму стійкого супроводження;

Режим 3. Очікувана похибка більша за початковий строб, що робить супровід недоцільним, та відповідає режиму скидання супроводження.

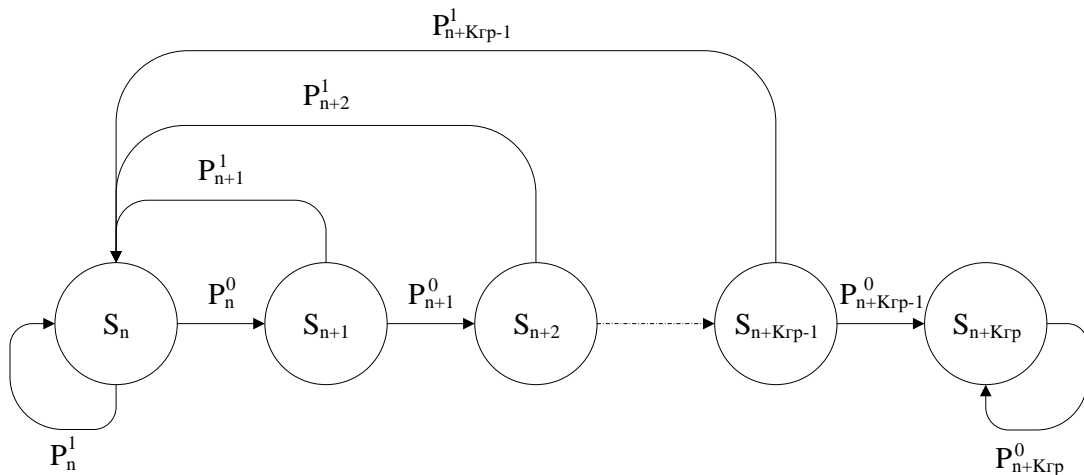


Рисунок 7 – Граф функціонування системи супроводження траєкторії рухомих об'єктів зі скиданням по досягненню критерія  $K_{гр}$  пропусків

Запропоновано структурну схему обчислювального пристрою (ОП) комп'ютеризованої системи автоматизованого супроводження об'єктів (рис 8).

Перевага представленої структурної схеми перед існуючими полягає в тому, що включає блок обчислення координат (БОК) об'єкта спостереження та виконує обробку зображення або послідовності відеокадрів, а також визначає значення  $\tilde{N}_{Xp}$  й  $\tilde{N}_{Yp}$  координат  $N_{Xp}$ ,  $N_{Yp}$  центру об'єкта в прямокутній системі координат (СК)  $O_1, X_1, Y_1$  оцифрованого зображення. Величини  $N$  і  $\tilde{N}$  обчислюються в пікселях матриці зображення. Час запізнювання, витрачений БОК на обчислення  $\tilde{N}_{Xp}$  й  $\tilde{N}_{Yp}$ , враховується введенням елементів затримки на даний час  $\tau$ .

Показано, що функціональний перетворювач координат  $F_1$  за поточними значеннями  $\tilde{N}_{Xp}$ ,  $\tilde{N}_{Yp}$ , та вимірюваним значенням кута повороту  $\tilde{\varphi}$  внутрішньої рамки в

момент фіксації поточного відеокадру з використанням датчика кута  $D_\varphi$ , визначає неузгодженість напрямку на об'єкт та оптичної осі відеодатчика ВД у сферичній СК двоосьового приводу.

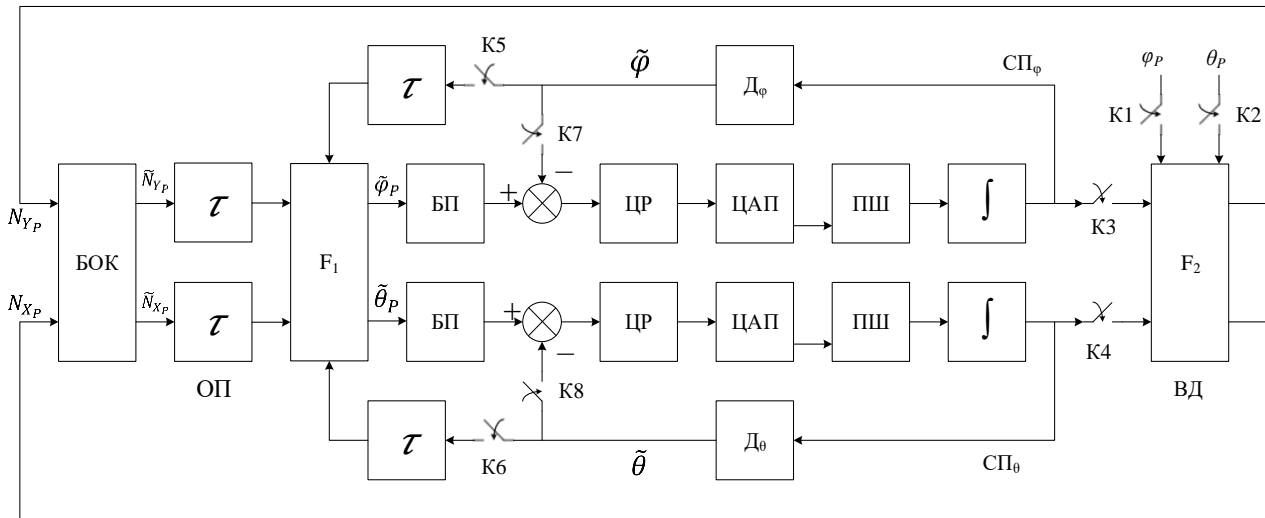


Рисунок 8 – Функціональна схема реалізації комп'ютеризованої системи

Електромеханічні приводи швидкості системи стеження (ПШ), мають негативний зворотний зв'язок по швидкості  $\Omega_\varphi$ ,  $\Omega_\theta$  зміни кутів повороту  $\varphi$  і  $\theta$  відповідних рамок системи.

Відеодатчик ( $F_2$ ) перетворює значення координат необхідного напрямку на об'єкт  $\varphi_p$ ,  $\theta_p$  і поточного напрямку оптичної осі ВД  $\varphi$ ,  $\theta$  у координати  $N_{Xp}$ ,  $N_{Yp}$  центру об'єкта на зображенні. Показано, що  $F_2$  виконує обчислення координат  $N_{Xp}$ ,  $N_{Yp}$  відповідно до співвідношень:

$$N_{Xp} = (K_Y N_{Yp} \sin \varphi - \cos \varphi) \operatorname{tg} \Delta \theta$$

$$N_{Yp} = \frac{1}{K_Y} \frac{\cos \varphi \sin \varphi_p - \sin \varphi \cos \varphi_p \cos \Delta \theta}{\sin \varphi \sin \varphi_p + \cos \varphi \cos \varphi_p \cos \Delta \theta}.$$

Показано, що синхронно працюючі ключі  $K_1, \dots, K_6$  визначають моменти формування зображень у ВД та моменти вимірювання кута  $\varphi$ . Частота замикання ключів визначається частотою формування відеокадрів та приймається як  $f_1 = 1/T_1 = 50$  Гц.

Запропонований блок прогнозування (БП) використовується для компенсації запізнювання у видачі необхідних кутів повороту рамок кардана й обчислення міжкадрових координат об'єкта із частотою  $f_2 = 1/T_2 > f_1$ . Прогнозування в БП здійснюється при отриманні у системі відеоспостереження чергового кадру (К) зображення (в момент часу  $t_0$ ) на час  $t_{\text{пр}i}$ , та обчислюється за формулою  $t_{\text{пр}i} = t_0 + \tau + i \frac{T_1}{K}$ , де  $\tau = \frac{f_2}{f_1}$ ,  $i = 0, \dots, K - 1$ ;  $K = 2, 3, \dots$ . Дискретні значення кутів  $\tilde{\varphi}$  і  $\tilde{\theta}$ , затримані на час  $\tau$  подаються на перетворювач  $F_1$ , для обчислення необхідних кутів повороту  $\tilde{\varphi}_p$  і  $\tilde{\theta}_p$ .

Блоки ЦР, ЦАП, ПШ,  $\int$ ,  $D_\varphi$ ,  $D_\theta$ , елементи порівняння, ключі  $K_7$  і  $K_8$ , працюють

на підвищеній частоті  $f_2$ , та представляють собою два слідкуючі приводи СП<sub>φ</sub> і СП<sub>θ</sub>, завданням яких є прогнозування необхідних кутів рамок карданного підвісу.

Отримано значення основних показників багатокритеріальної оптимізації обробки інформації для прийняття рішень в системі траєкторного стеження.

У **четвертому розділі** приведено результати експериментальних досліджень та імітаційного моделювання роботи комп'ютеризованої системи відеосупроводження рухомих об'єктів та запропоновано шляхи вдосконалення існуючих систем.

Досліджено параметри роботи системи траєкторного стеження відповідно до функціональної схеми (рис. 8), при роботі з гармонійними вхідними сигналами. В якості цифрового регулятора обрано пропорційно-інтегральний регулятор, та запропоновано можливості для розширення смуги пропускання комп'ютеризованої системи траєкторного стеження та зменшення похибки супроводження об'єктів при реалізації системи.

Проведено моделювання роботи системи супроводження рухомих об'єктів, з маневром невисокої інтенсивності. На рис. 9 представлено результати моделювання

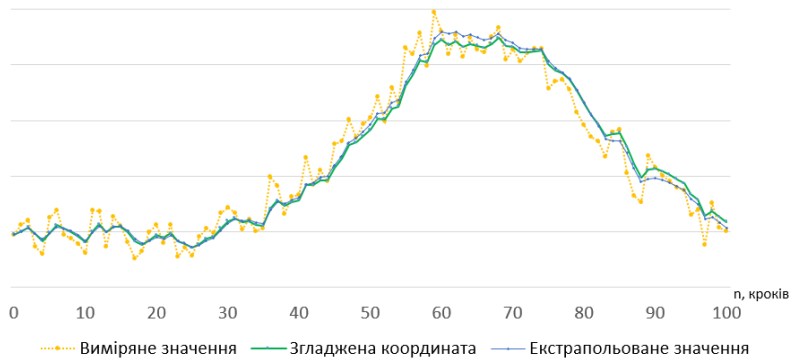


Рисунок 9 – Результати моделювання розробленої математичної моделі

розробленого методу згладжування та екстраполяції траєкторії спостережуваного рухомого об'єкта із застосуванням фільтрації Калмана (1). Перевага представленого методу полягає в тому, що завдяки використанню запропонованого алгоритму суттєво зменшується динамічна похибка та підвищується швидкодія.

На рис. 10 представлено комп'ютерну модель системи траєкторного стеження із застосуванням синтетичних даних необхідних для моделювання усіх варіантів розвитку подій та генератора випадкових чисел для похибки вимірювань.

Моделювання роботи системи відеосупроводження рухомих об'єктів виконано в програмному комплексі Construct 2, що дозволяє представити та експериментально дослідити роботу системи супроводження (1) у двовимірному просторі.

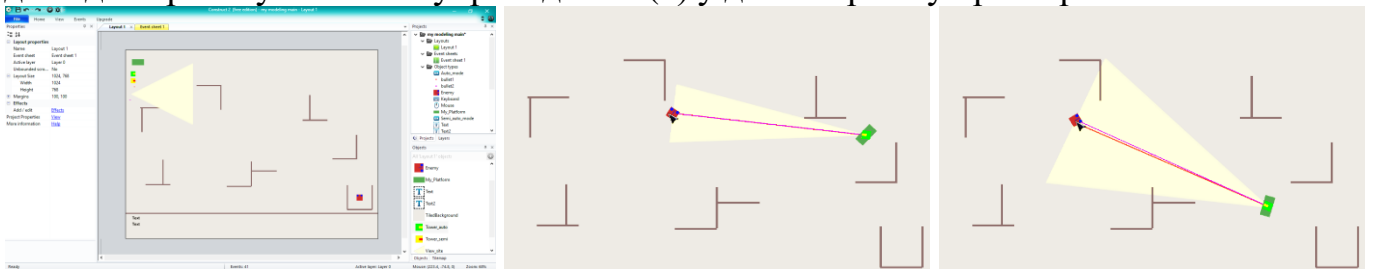


Рисунок 10 – Моделювання роботи системи відеосупроводження рухомих об'єктів в програмі Construct 2

Отримано статистичні дані моделювання процесу утримання лінії візування в площині габаритного розміру спостережуваного рухомого об'єкту оператором (R) та

автоматизованою системою відеосупроводження (А) (табл. 1), (рис. 11). Одержані експериментальні дані корелюються з впливом психофізичного стану оператора (бадьорість, втома, різний час доби). Для аналізу даних експериментального дослідження запропоновано формулу визначення показника ефективності (2).

Таблиця 1  
Результати моделювання та показник ефективності розробленої системи

$$\Delta = \frac{A - R}{A} * 100\% \quad (2)$$

№ експ.	Візування оператор. R, кадрів	Візування системою траєкторн. стеження A, кадрів	Показник ефективн. Δ, %
1	8407	9514	11.64
2	9630	10301	6.51
3	9781	10177	3.89
4	9384	10660	11.97
5	10256	10727	4.39
6	9138	10177	10.21
7	9705	10542	7.94
8	9260	9869	6.17
9	8971	9801	8.47
10	9193	10127	9.22
Сер.	9372.5	10189.5	8.02



Рисунок 11 – Діаграма результатів моделювання системи відеосупроводження

На основі отриманих результатів моделювання встановлено, що ефективність розробленої системи відеосупроводження рухомих об'єктів в автоматизованому режимі дозволяє утримувати лінію візування на рухомому об'єкті в середньому з більшою на 8% швидкістю.

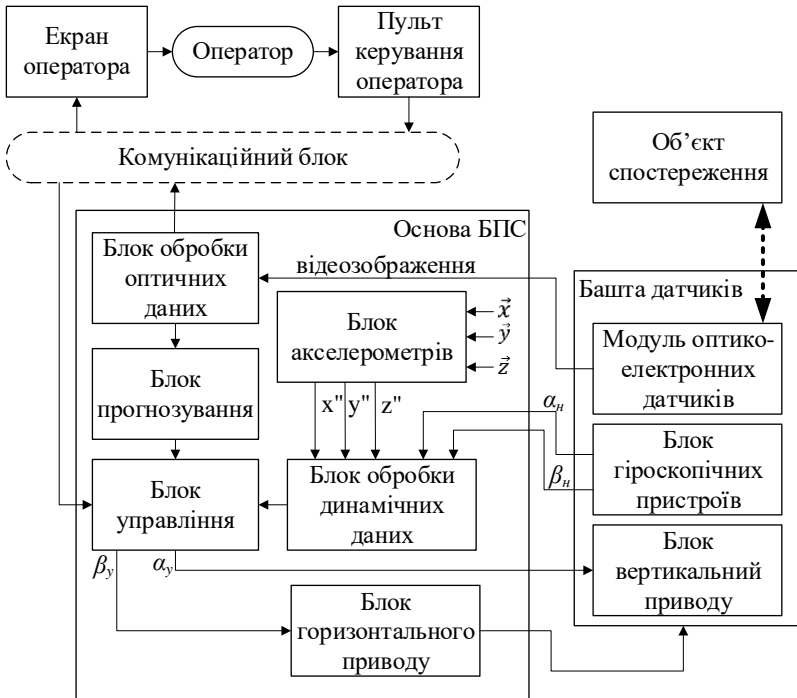


Рисунок 12 – Структурна схема стенду перевірки системи відеосупроводження рухомих об'єктів

розробленої системи відеосупроводження рухомих об'єктів в автоматизованому режимі дозволяє утримувати лінію візування на рухомому об'єкті в середньому з більшою на 8% швидкістю.

Розглянуто застосування розробленої комп'ютеризованої системи на реальних системах та стендах (рис. 12). До складу комплексу входять: пульт керування оператором, блоки та елементи комунікаційної інфраструктури, башта датчиків.

На платформі розміщено блоки комп'ютеризованої системи прогнозування та управління, блоки обробки даних, привід горизонтального управління баштою системи спостереження. На башті розміщені блок

горизонтального управління баштою системи спостереження. На башті розміщені блок

вертикального приводу управління та модуль оптико-електронних датчиків.

При напіваавтоматичному режимі виконується стабілізація і утримання лінії візування (компенсація хитання та поворотів) на основі даних отриманих з гіроскопічних приладів та акселерометрів. При цьому показано, що наведення виконується оператором вручну.

У автоматизованому режимі використовуються дані з блоку прогнозування за якими проводиться розрахунок параметрів руху спостережуваного об'єкта, що використовується для кореляції координат об'єкта. Дані про зміщення об'єкту спостереження або перешкоди за один період спостереження, корелюються з даними з блоку прогнозування. Для утримання лінії візування на основі результатів виміряних відхилень генеруються сигнали повороту для горизонтального та вертикального приводів башти.

Запропоновано етапи розрахунку параметрів руху спостережуваного об'єкта, які полягають в наступному:

1. Визначаються координати необхідних ключових точок об'єкта спостереження в кадрі оптичного модуля та розраховуються їх положення для подальшого відслідковування об'єкту.

2. Проводиться прогнозування зміщення об'єкта на один крок та генерація керуючих сигналів для наведення горизонтального та вертикального приводів, з подальшим оновленням даних з оптичного модуля та порівнянням зміщення обраних точок з прогнозованими показниками. При визначенні об'єкта спостереження в кадрі – переходимо до п. 1, за відсутності – п. 3.

3. Екстраполяція прогнозованих даних для здійснення генерації керуючих сигналів горизонтального та вертикального приводів на наступний крок й інкрементація лічильника втрати об'єкта спостереження з поля зору. При досягненні лічильником значення  $K_{гр}$  переходимо до п. 4, інакше п. 2;

4. Генерація сигналу втрати об'єкта та переведення системи в напіваавтоматичний режим управління.

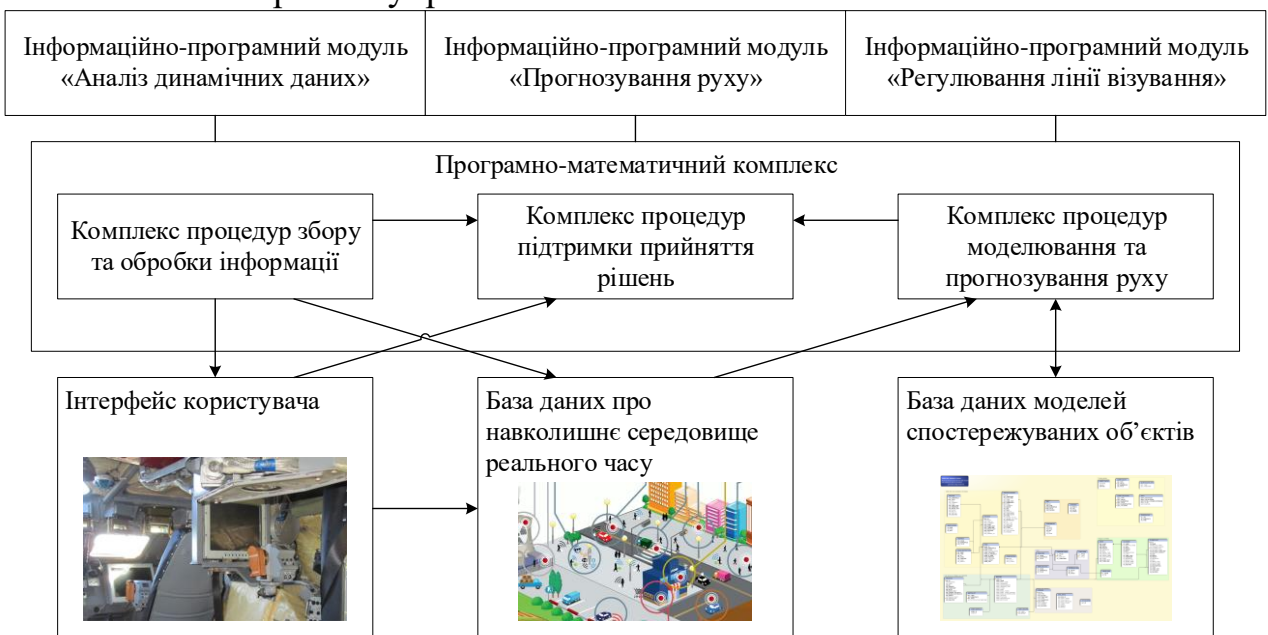


Рисунок 13 – Схема взаємодії елементів комп'ютеризованої системи відеосупроводження рухомих об'єктів

На рис.13 представлено схему взаємодії між елементами комп'ютеризованої системи відеосупроводження рухомих об'єктів, яка включає: базу даних, що містить у вигляді спеціально відформатованих записів дані про моделі об'єктів спостереження, їх ключові точки та характеристики; інтерфейс користувача, що забезпечує взаємодію оператора з компонентами системи відеосупроводження; набір інформаційно-програмних модулів, направлених на виконання відповідних їм функціональних завдань: комплекс процедур збору та обробки інформації, комплекс процедур моделювання та прогнозування руху спостережуваних об'єктів, та комплекс підтримки прийняття рішень оператором системи; та базу даних про навколишнє середовище реального часу, що постійно оновлюється та зберігає актуальну обстановку навколишнього середовища, та об'єкти що тимчасово вийшли з поля зору відеосистеми.

Запропоновано напрями подальшого розвитку комп'ютеризованої системи відеосупроводження з використанням триосьового підвісу в мобільних комплексах, що працюють в умовах обертального руху (хитавиці, крену). Це дозволить підвищити точність та швидкодію існуючої системи за рахунок стабілізації відеозображення.

Одержані експериментальні дані підтвердили ефективність запропонованого методу обробки інформації відеоспостереження та розробленого стенду комп'ютеризованої системи супроводження рухомих об'єктів.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі отримані нові наукові результати, які у відповідності до мети дослідження є вирішенням актуальної науково-технічної задачі розробки комп'ютеризованої системи обробки інформації при відеосупроводженні рухомих об'єктів на базі мобільних комплексів та полягають в наступному:

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури стосовно існуючих систем відеоспостереження та траєкторного супроводу рухомих об'єктів, визначено потреби у розробці систем алгоритмічного, апаратно-програмного забезпечення та створенні систем обробки цієї інформації на базі комп'ютеризованих та інформаційно-вимірвальних систем.

2. Розроблено модель системи траєкторного стеження, що базується на використанні фільтру Калмана та експоненційного згладжування, що забезпечує підвищення точності та швидкодії обробки інформації системами контролю параметрів процесу відеосупроводження рухомих об'єктів.

3. Розроблено метод обробки даних, що базується на моделі траєкторного стеження, та дозволяє організувати процеси отримання, обробки та збереження даних для систем відеоспостереження та супроводження рухомих об'єктів, і дозволяє працювати в автоматизованому режимі.

Запропоновано модель руху інформаційних потоків в системі відеоспостереження. Визначено підсистему траєкторного стеження, як складову системи прийняття рішень. Вдосконалено метод контролю параметрів процесу відеосупроводження рухомих об'єктів, що базується на застосуванні багатокритеріальної оптимізації обробки інформації і відрізняється від відомих тим, що в процесі відеоспостереження забезпечує можливість чіткого визначення цілей, набору дій та прийняття

оптимального рішення в процесі руху мобільного комплексу в умовах невизначеності зовнішнього середовища.

Розроблено метод керування комп'ютеризованою системою відеосупроводження, що включає метод обробки даних, метод керування системою та програмне забезпечення для моделювання системи траєкторного стеження і дає можливість виконувати автоматизоване відеосупроводження рухомих об'єктів оператором мобільного комплексу.

4. Розроблено модель обробки даних із застосуванням системи траєкторного стеження, граф функціонування підсистеми обробки зображення та прийняття рішень, і програмне забезпечення для дослідження комп'ютеризованої системи відеосупроводження.

5. Наведено результати впровадження та експериментального дослідження ефективності розроблених моделей та методів, визначено їх залежність від людського фактору, та детально розглянуто алгоритм взаємодії оператора з системою відеосупроводження. Використання розроблених в роботі моделей та методів, дозволяють підвищити ефективність системи супроводження рухомих об'єктів на 8%.

Запропоновано напрям подальшого розвитку методу відеосупроводження рухомих об'єктів, що базується на використанні триосьової системи траєкторного стеження, і дозволяє врахувати обертальний рух мобільного комплексу – носія системи відеосупроводження, і, в подальшому, компенсувати додаткові обрахунки, викликані хитанням, вібрацією або маневрами мобільного комплексу.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Квасніков В.П. Система ідентифікації параметрів и востановлення функціональних залежностей в складних технічних системах / В.П. Квасніков, А.О. Шелуха // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – №3-4. – С. 68–72.

2. Шелуха А.О. Совершенствование структуры ідентифікації параметрів складних технічних систем / А.О. Шелуха // Вісник Інженерної академії України. – 2015. – №2. – С. 173–176.

3. Квасніков В.П. Система захоплення та супроводу об'єктів в динамічних системах / В.П. Квасніков, О.О. Шелуха // Вісник Інженерної академії України. – 2015. – №4. – С. 80–83.

4. Шелуха О.О. Обробка інформації в системах стеження за динамічними об'єктами / О.О. Шелуха / Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2016. – №1. – С. 87–91.

5. Квасніков В.П. Розробка інформаційної моделі системи відеосупроводження засобами візуального програмування / В.П. Квасніков, О.О. Шелуха // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – №1. – С. 34-37.

6. Квасніков В.П. Комп'ютеризована система відеосупроводження на базі мобільного комплексу. / В.П. Квасніков, О.О. Шелуха // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2019. – № 2. – С. 112-117. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, РИНЦ).

7. Designing a computerized information processing system to build a movement trajectory of an unmanned aircraft vehicle / Kvasnikov V., Ornatskyi D., Graf M., Shelukha O. – Eastern European Journal of Enterprise Technologies, – №1/9 (109) 2021. – pp. 33-42. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225501> (Входить до міжнародних

наукометричних баз Scopus, CrossRef, Index Copernicus, РИНЦ).

8. Шелуха О.О. Візування напрямку та стабілізація у складних технічних системах / О.О. Шелуха // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 19-21 травня 2014 р.: тези доп. – Чернігів, 2014. – С.197-199.

9. Шелуха О.О. Інформаційна підсистема підтримки прийняття рішень у складних технічних системах / О.О. Шелуха, В.П. Квасніков, О.Г. Болотній // Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення: XX Всеукр. наук.-практ. конф., 28 лист. 2014 р.: тези доп. – Житомир, 2014. – С. 7-8.

10. Шелуха О.О. Блок автоматического сопровождения объектов в сложных технических системах / О.О. Шелуха, В.П. Квасніков // Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення I Всеукр. наук.-техн. конф., 17-18 травня 2015 р.: тези доп. – Житомир, 2015. – С. 69-70.

11. Шелуха О.О. Идентификация параметров в сложных технических системах / О.О. Шелуха // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси: VII Міжнар. наук.-практ. конф., 18-19 травня 2015 р.: тези доп. – К., 2015. – С.227-228.

12. Шелуха О.О. Система автоматического захвата и сопровождения наблюдаемого объекта в сложных технических системах. /О.О. Шелуха, П.Л. Ігнатенко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: V міжнар. наук.-практ. конф., 19–22 травня 2015 р.: тези доп. – Чернігів, 2015. – С. 217.

13. Шелуха О.О. Идентификация параметров в системах спостереження за рухомими об'єктами / О.О. Шелуха, В.П. Квасніков // Метрологія, технічне регулювання та забезпечення якості: V Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 жовтня 2015 р.: тези доп. –Одеса, 2015. – С. 142-143.

14. Шелуха О.О. Система спостереження та обробки відеоданих / О.О. Шелуха, В.П. Квасніков // Інформаційно-комп'ютерні технології 2016: VIII Міжнар. наук.-техн. конф., 22–23 квітня 2016 р.:тези доп. – Житомир, 2016. – С. 131-132.

15. Шелуха О.О. Система спостереження та супроводу на рухомих носіях / О.О. Шелуха, П.Л. Ігнатенко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: VI Міжнар. наук.-практ. конф., 26–29 квітня 2016 р.: тези доп. – Чернігів, 2016. – С. 309.

16. Шелуха О.О. Система автоматизованого спостереження рухомих систем / О.О. Шелуха // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси: IX міжнар. наук.-практ. конф., 17-18 травня 2016 р.: тези доп. – К., 2016. – С. 37-38.

17. Шелуха О.О. Особенности проектирования систем обработки информации та прийняття рішень / О.О. Шелуха, А.О. Юрчук // Метрологія, технічне регулювання, якість: досягнення та перспективи: VI Міжнар. наук.-практ. конф., 11-12 жовтня 2016 р.: тези доп.– Одеса, 2016. – С.142-143.

18. Шелуха О.О. Визначення параметрів сегментації при спостереженні рухомих об'єктів / О.О. Шелуха, П.Л. Ігнатенко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: VII Міжнар. наук.-практ. конф., 24–27 квітня 2017 р.: тези доп. – Чернігів, 2017. – Т. 2. – С. 150-151.

19. Шелуха О.О. Система відеоспостереження з трьохосьовим карданним підвісом / О.О. Шелуха // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси: X Міжнар. наук.-практ. конф. 16-17 травня 2017 р.:тези доп. – К., 2017. – С. 210-211.

20. Шелуха О.О. Побудова графа системи відеосупроводження на основі

морфологічного аналізу функціонування системи / О.О. Шелуха // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси: XII Міжнар. наук.-практ. конф. 21-22 травня 2019 р.: тези доп. – К., 2019. – С. 223-224.

21. Шелуха О.О. Система траєкторного стеження для мобільних комплексів. / О.О. Шелуха // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси: XIII міжнар. наук.-практ. конф., 19-20 травня 2020 р.: тези доп. – К., 2020. – С. 46-47.

### АНОТАЦІЯ

**Шелуха О. О. Комп'ютеризована система обробки інформації при відеосупроводженні рухомих об'єктів.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти». – Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, 2021.

**Робота присвячена** створенню вискоєфективних комп'ютеризованих систем відеосупроводження рухомих об'єктів, шляхом розробки нових та вдосконалення існуючих методів та моделей обробки інформації обробки даних в системах відеосупроводження рухомих об'єктів. Розроблено технологію автоматизації керування системою відеосупроводження об'єктів, що дозволяє проводити супровід об'єкта не тільки в ручному режимі із стабілізацією, але і в режимі траєкторного стеження;

Розроблено комп'ютеризовану систему обробки інформації для систем відеосупроводження на базі мобільних комплексів, яка на відміну від раніше відомих, дозволяє проводити супровід рухомих об'єктів шляхом відмінностей режимів роботи при траєкторному стеженні, та дає можливість підвищити ефективність роботи автоматичних систем траєкторного стеження, стабілізації та наведення в ході відеосупроводження рухомих об'єктів;

Удосконалено метод обробки даних відеозображення рухомого об'єкту із застосуванням експоненційного згладжування та фільтра Калмана, що використовуються на базі мобільних комплексів, який на відміну від існуючих, дозволяє працювати в автоматичному режимі, що забезпечує підвищення ефективності, швидкодії та точності при вирішенні задач керування;

Удосконалено метод керування системою відеосупроводження, який базується на застосуванні багатокритеріальної оптимізації обробки інформації та відрізняється від раніше відомих використанням умовно оптимальних точок в процесі відеоспостереження, а також при аналізі та корегуванні процесу руху платформи в умовах невизначеності.

**Ключові слова:** комп'ютеризована система траєкторного стеження, підтримка прийняття рішень, ідентифікація параметрів, екстраполяція даних, фільтр Калмана, комп'ютерне моделювання.

### АННОТАЦІЯ

**Шелуха А. О. Компьютеризированная система обработки информации при видеосопровождении подвижных объектов.** – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.13.05 – «Компьютерные системы и компоненты». –

Государственный университет инфраструктуры и технологий, Киев, 2021.

Работа посвящена созданию высокоэффективных компьютеризированных систем видеосопровождения движущихся объектов, путем разработки новых и совершенствования существующих методов и моделей обработки информации обработки данных. Разработана технология автоматизации управления системой видеосопровождения объектов, которая позволяет проводить сопровождение объекта не только в ручном режиме со стабилизацией, но и в режиме траекторного слежения;

Разработана компьютеризированная система обработки информации для систем видеосопровождения на базе мобильных комплексов, которая в отличие от ранее известных, позволяет проводить сопровождение движущихся объектов путем различий режимов работы при траекторном сопровождении, и дает возможность повысить эффективность работы автоматических систем траекторного слежения, стабилизации и наводнения в ходе видеосопровождения подвижных объектов;

Усовершенствован метод обработки данных видеоизображения движущегося объекта с применением экспоненциального сглаживания и фильтра Калмана, используемых на базе мобильных комплексов, который в отличие от существующих, позволяет работать в автоматическом режиме, что обеспечивает повышение эффективности, производительности и точности при решении задач управления;

Усовершенствован метод управления системой видеосопровождения, основанный на применении многокритериальной оптимизации обработки информации и отличается от ранее известных использованием условно оптимальных точек в процессе видеонаблюдения, а также при анализе и корректировке процесса движения платформы в условиях неопределенности.

**Ключевые слова:** компьютеризированная система траекторного слежения, идентификация параметров, экстраполяция данных, фильтр Калмана, компьютерное моделирование.

## ABSTRACT

**Shelukha O. Computerized information processing system for video tracking of moving objects.** – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 05.13.05 – "Computer systems and components". – State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, 2021.

The work is devoted to the creation of highly efficient computerized video surveillance systems for moving objects by developing new and improving existing methods and models for processing information processing data. A technology has been developed to automate the control of the video surveillance system of objects, which allows tracking the object not only in manual mode with stabilization, but also in the trajectory tracking mode;

A computerized information processing system has been developed for video surveillance systems based on mobile complexes, which, unlike previously known ones, allows tracking moving objects by means of differences in operating modes during trajectory tracking, and makes it possible to increase the efficiency of automatic systems for trajectory tracking, stabilization and flooding during video surveillance. moving objects;

The method of processing the video image of a moving object using exponential smoothing and Kalman filter used on the basis of mobile complexes has been improved, which, unlike existing ones, allows working in automatic mode, which provides an

increase in efficiency, productivity and accuracy in solving control problems;

The method for managing the video conferencing system is improved, based on the use of multi-criteria optimization of information processing and differs from the previously known use of conditionally optimal points in the video surveillance process, as well as in the analysis and correction of the platform motion process under conditions of uncertainty.

A methodology for controlling a computerized video surveillance system has been developed, it provides automated video-connected mobile systems, and also reduces the time of pointing to an object of observation.

The method of video moving of moving objects has been further developed, which is based on taking into account the rotational motion of the mobile complex - a carrier of the video surveillance system, and allows to increase the speed and accuracy.

1. Algorithmic and software of the system of control of parameters of video accompaniment of moving objects is developed, which provides modeling and research of the process of operation of the system in different conditions, which is the basis for the implementation of the developed computerized system.

2. A method of controlling a computerized video surveillance system has been developed, which provides automated video surveillance of mobile systems, as well as reduces the time of aiming at the object of surveillance.

3. A computerized data processing system with elements of intellectualization has been developed, which in case of video accompaniment of moving objects allows to increase control efficiency by 8% and reduce the influence of destabilizing factors.

4. The structural scheme of devices of the computerized information processing system which structure includes: sensors of movement, speed, a direction of movement of objects, including a communication line of the sensitive element insensitive to interferences from executive mechanisms is offered and fulfilled in the conditions of production. and other devices at a distance of up to 1000 m, blocks for synchronous interconnection of devices in the system, the unit of communication of speed sensors with the software engineering complex LabView for the design of purpose systems.

5. New software models, software and hardware interfaces and stands for modeling and testing the operation of a computerized information processing system for video tracking of moving objects and forecasting have been developed.

**Key words:** computerized trajectory tracking system, parameter identification, data extrapolation, Kalman filter, computer simulation.