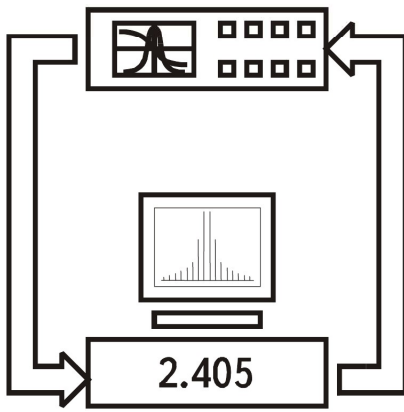


ISSN 2219-9365



*МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ*

**ВИМІРЮВАЛЬНА
ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА
ТЕХНІКА
В
ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСАХ**



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

Міжнародний науково-технічний журнал

ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Заснований в травні 1997 р.

Виходить 4 рази на рік

Хмельницький, 2015, №4 (53)

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Хмельницького національного університету, протокол № 4 від 26.11.2015 р.

Засновники: Хмельницький національний університет
Українська технологічна академія (м. Київ)
Видавець: Хмельницький національний університет

Затверджене як фахове видання постановою президії ВАК України від 10.02.2010 № 1-05/1
Включено у РИНЦ (дог. № 212-04/2013) http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653
Index Copernicus <http://jml2012.indexcopernicus.com/+++++,p24781565,3.html>
Google Scholar http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk

Головний редактор д.т.н., проф. І.В. Троцишин
Заступник головного редактора та голова редакційної колегії д.т.н., проф. В.Т. Кондратов
Відповідальний секретар к.т.н., доц. К.Л. Горященко

Редакційна колегія:

Бубулис Алгимантас, д.т.н., проф. (Литва); Вільям Кей Джі, д.т.н., проф., (Республіка Корея);
Водотовка В.І., д.т.н., проф.; Дивак М.П., д.т.н., проф.; Дудикевич В.Б., д.т.н., проф.;
Жултовський Богдан, д.т.н., проф. (Польща); Зленко С.М., д.т.н., проф.; Каплун В.Г., д.т.н., проф.;
Кичак В.М., д.т.н., проф.; Кожемяко В.П., д.т.н., проф.; Коробко Є.В., д.т.н., проф. (Білорусія);
Косенков В.Д., к.т.н., проф.; Кузьмін І.В., д.т.н., проф.; Лепіх Я.І., д.ф.-м.н., проф.;
Мансуров Тофік Магомедович, д.т.н., проф. (Азербайджан); Мельник А.О., д.т.н., проф.;
Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., проф. (Грузія); Павленко Ю.Ф., д.т.н., проф.; Павлов С.В., д.т.н.,
проф.; Підченко С.К., д.т.н., проф. ; Попов Валентин, д. природничих н., проф. (Німеччина);
Проценко М.Б., д.т.н., проф.; Пунчеко О.П., д.філ.н., проф.; Ройзман В.П., д.т.н., проф.; Романюк В.В.,
д.т.н., доцент; Романюк О.Н., д.т.н., проф.; Ротштейн Олександр Петрович, д.т.н., проф. (Ізраїль);
Сопрунюк П.М., д.т.н., проф.; Стахов Олексій Петрович, д.т.н., проф. (Канада), Стенцель Й.І., д.т.н.,
проф.; Сурду М.М., д.т.н., проф.; Філінюк М.А., д.т.н., проф.; Шарпан О.Б., д.т.н., проф.

Технічний редактор К.Л. Горященко

Адреса редакції: редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (кімн. 4-402), Хмельницький національний університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016, Україна.

Тел: (+38) 097-684-34-29.

E-mail: vottp.tiv@gmail.com

web: <http://fetronics.ho.com.ua>

<http://journals.khnu.km.ua/vottp/>

Зареєстровано Міністерством юстиції України
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №16040-4512ПР від 16 грудня 2009 року.

© Хмельницький національний університет, 2015
© Редакція "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", 2015

М.Ф. БОГОМОЛОВ, О. В. СТАРОДУБ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕРИТРОЦИТУ ЯК ОБ'ЄКТА ВИМІРЮВАНЬ ЛАЗЕРНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ.....	156
Я.В. САВЕНКО. ІНТЕГРОВАНА МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ МЕДИКО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ	162

ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ ТА ТЕХНОЛОГІЯМИ

А.В. ГОРОШКО, В.П. РОЙЗМАН. СИНТЕЗ ДОПУСКІВ В ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕМЕНТІВ ГЕРМЕТИЗОВНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ	167
Є.О. ЗАЙЦЕВ, В.Є. СИДОРЧУК, І.В. СИДОРЧУК, А.М. ШПИЛЬКА. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ ПРИ ОБРОБЦІ МОНІТОРІНГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ШЛІФУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	175
В.С. ПАЛАМАРЧУК, О. В. ПОЛЮХОВИЧ, О. Є. ЛУППО. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАЕКТОРІЇ ПОЛЬОТУ ПОВІТРЯНОГО СУДНА	180
Н. CANALES, A.O.VOLKOV, S. E. MARKOVYCH, A. I. DOLMATOV. STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF NI+AL ₂ O ₃ +ZN COATINGS PRODUCED BY THE LOW PRESSURE COLD SPRAY TECHNOLOGY	186
Е.В. ОШАРОВСКАЯ, Н.А. ПАТЛАЕНКО, В. И. СОЛОДКА. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕТОЧНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ЦИФРОВОГО ПОТОКА	190
О.Б. В'ЮНЕНКО, А.В. ТОЛБАТОВ, С.В. АГАДЖАНОВА, О.Б. ШАНДИБА, В.А. ТОЛБАТОВ, С.В. ТОЛБАТОВ. ПОБУДОВА СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ, АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ РЕГІОНАЛЬНОГО РІВНЯ ДЛЯ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ АПК.....	194
О.О. ШЕЛУХА. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	202

ПРЕЦИЗІЙНІ ВИМІРЮВАННЯ ТА НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

О. І. ЛАКТИОНОВ, А. М. СІЛЬВЕСТРОВ. МОДЕЛЬ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СПІВРОБІТНИКА, ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОСНОВА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦЯ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ	206
Н.В. ЗАХАРЧЕНКО, М.М. ГАДЖИЕВ. ФОРМИРОВАНИЕ КОДОВОГО МНОЖЕСТВА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ОДНОГО БИТА С МАКСИМАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЕМКОСТЬЮ НАЙКВИСТОГО ЭЛЕМЕНТА	210
О.В. КЛІЩ, О.В. ОГНЄВИЙ. МЕТОД ВІДСЛІДКОВУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЗА ПЕРЕХОПЛЕНИМИ «ПРОБНИМИ» ПАКЕТАМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО WIFI	214
С.И. ВЯТКИН, А.Н. РОМАНЮК, А.А. ДУДНИК. АНИЗОТРОПНАЯ ФИЛЬТРАЦИИ ТЕКСТУРЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	217
Т.О. САВЧУК, А.В. КОЗАЧУК. МАСШТАБУВАННЯ ХМАРНОГО ДОДАТКУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИМУЛЯТОРА НАВАНТАЖЕННЯ ЙОГО РОБОТИ.....	222
І.В. ТРОЦИШИН, Н.І. ТРОЦИШИНА, М.І. ЛИСИЙ. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З РАДІОКАНАЛАМИ БЕЗПЛОТНИХ РОЗВІДУВАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	226

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

В роботі розглядається складна технічна система з напрямленим об'єктом управління та можливості для впровадження інформаційних технологій в них. Запропоновано використання методики ідентифікації параметрів об'єктів, що спостерігаються та відновлення функціональних залежностей методом експоненціального згладжування.

Ключові слова: інформаційна технологія, ідентифікація параметрів, складна технічна система, відновлення функціональних залежностей, спостереження, супровід об'єктів.

О.О. SHELUKHA

National aviation university, Kyiv.

INFORMATION TECHNOLOGY OF DATA PROCESSING IN SUPERVISION SYSTEM OF TECHNICAL FACILITIES

Abstract – In solving problems of analysis of information management systems is necessary to use certain numerical methods and algorithms. This will improve the quality and performance of complex technical systems.

The complex technical system with the directional control object is considered in this article. Since modern systems has underdeveloped system of tracking, we proposes a block of parameter identification and automatic tracking of the dynamic objects. To perform the problem tracking methodology was established to create a mathematical model of object surveillance and for the problem of restoration of functional dependencies used exponential smoothing method.

For further development of this topic we proposing to optimization model system considering additional parameters that affect the complex technical system.

Keywords: information technology, complex technical system, tracking, parameter identification.

Вступ

Завдання автоматизації роботи як в цілому складних технічних систем так і окремих їхніх функцій не втрачає своєї актуальності. Більш того, постійний розвиток інформаційних технологій дозволяє не тільки ефективно використовувати нові методики виконання технічними системами різноманітних задач, а й оптимізувати їх шляхом впровадження додаткових систем, не втрачаючи у швидкодії та надійності.

Аналіз досліджень та публікацій

При вирішенні задач аналізу та синтезу інформаційних систем управління виникає необхідність використання певних числових методів та відповідних їм алгоритмів. Останнім часом широкого поширення в теорії управління отримав уніфікований підхід до вирішення завдань аналізу та синтезу систем, заснований на використанні методів просторів стану. Підхід полягає у широкому залучення методів лінійної алгебри до складання і дослідження диференціальних рівнянь систем автоматичного регулювання. Перевагою методу є можливість використання обчислювальної техніки для вирішення завдань теорії автоматичного регулювання. Використання цього методу було детально описано Кучеровим Д.П. і Камишиним В.В. [1]. Теорія систем спостереження та забезпечення стабілізації в них розглядаються Бесекерським В.А., Фабрікантом Є.А. та Поповим Є.П. в монографіях [2, 3]. Ними розглядаються питання забезпечення точності систем стабілізації навігаційної системи без збурення носія. Реально ж 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 наступних монографіях [4-6]. Математичний апарат необхідний для створення математичних моделей та прогнозування майбутніх подій достатньо глибоко розглянуто в монографіях [7, 8]. Проведений аналіз показав великі можливості розвитку інтелектуальних систем відновлення функціональних залежностей в складних технічних системах, розробці яких і буде присвячена ця стаття.

Постановка задачі

Завданням роботи є розробка та використання інформаційних систем супроводу об'єкта в складних технічних системах, що дозволить виконувати необхідні дії під час руху та впливу дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища.

Викладення основного матеріалу

На сьогодні добре відомо методи визначення кутових відхилень рухомих об'єкта (РО). Широко розроблюються та використовуються методи стабілізації як об'єкту управління (ОУ), так і усієї платформи. Проблема спостереження та супроводу об'єктів менш розповсюджена, особливо задача прогнозування руху об'єкта при тимчасовій втраті його з поля зору.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно розробити інформаційну систему автоматизованої стабілізації лінії візування та супроводу спостережуваного об'єкта в рухомій складній технічній системі – програмно-апаратний блок у якому виконуються розрахунки необхідні для стабілізації платформи (автомобіль, корабель, літальний апарат тощо) з розташованими на ній вимірювальними і спостережними

приладами (камера, лазерний вказівник, далекомір, вузьконаправлена антена тощо), а також за результатами спостереження створюється математична модель об'єкта, що має супроводжуватись, виконується прогнозування положення об'єкта у випадку втрати його з поля зору.

Перш за все розглянемо роботу системи що існує. При спостереженні за рухомих об'єктом використовується оптико-електронний модуль, що передає зображення на екран оператора. Оператор може повністю вручну наводити об'єкт управління на РО, або використовувати напівавтоматичний режим, що використовує зворотній зв'язок з блоком гіроскопічних пристроїв та вирівнювати лінію візування ОУ. Проте наведення на РО все одно виконується оператором.

З вищезазначеного можемо зробити висновок, що у зазначеній системі не використовуються можливості сучасної обчислювальної техніки, що дозволяє виконувати автоматичний супровід РО використовуючи дані, отримані з оптико-електронного модуля. Це висвітлює необхідність розробки та впровадження інформаційної системи супроводу, що включатиме в себе підсистему ідентифікації параметрів, буде розраховувати математичну модель об'єкта, що спостерігається та дозволить виконувати прогнозування його положення у випадку втрати об'єкта з поля зору.

На рисунку 1 показано схему управління складною технічною системою з запропонованим блоком супроводу об'єктів.

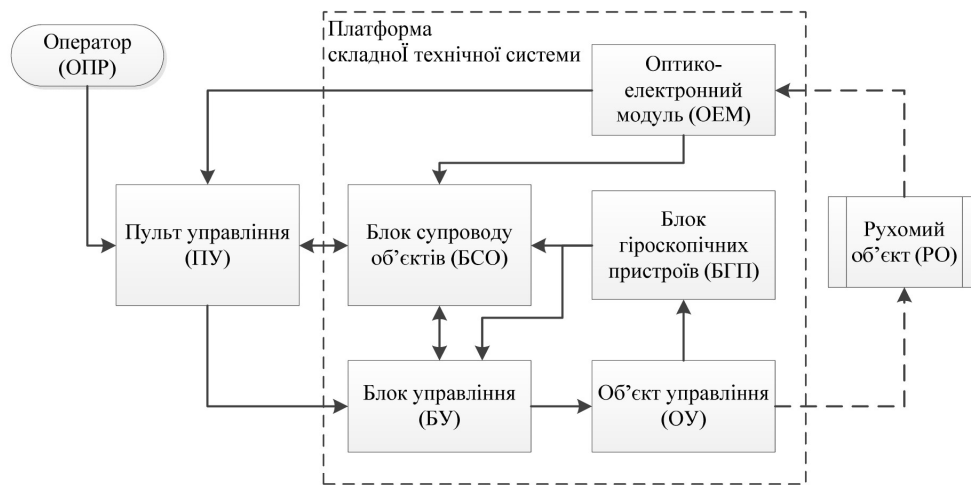


Рис. 1. Блок-схема системи управління складною технічною системою

Система вказана на рис.1 працює за наступною методикою. Перш за все система може працювати в декількох режимах – ручного, напівавтоматичного та автоматичного управління. На початку роботи система проводить спостереження зовнішнього середовища, дані (візуальне та теплове зображення) з оптико-електронного модуля подаються на екрани пульта управління, де оператор має змогу спостерігати та візуально виявляти об'єкти для дослідження. Далі оператор може проводити супровід спостережуваного об'єкта в ручному режимі, або обрати напівавтоматичний чи автоматичний режим роботи. При спостереженні нерухомого об'єкту оператор вмикає напівавтоматичний режим, що включає в себе систему зворотнього зв'язку першого рівня – використання блоку гіроскопічних пристроїв. Використовуючи показники вертикального та горизонтального гіротахметрів блок управління формує сигнали управління для відповідних механічних приводів об'єкту управління, що забезпечує стабілізацію лінії візування забезпечуючи захист системи від впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів, що виникають при русі платформи. При переході на автоматизований режим роботи – вмикається система зворотнього зв'язку другого рівня, що включає в себе інформаційну систему ідентифікації параметрів спостережуваного об'єкта, та відновлення функціональних залежностей лінії візування спостережуваного об'єкту у випадку тимчасової втрати його з поля зору.

Принцип роботи цієї інформаційної системи вказано на рис 2. Він полягає в наступному. З оптико-електронного модуля до блоку ідентифікації параметрів надходить зображення спостережуваного об'єкта, що було зафіксовано оператором системи. За цим зображенням виконується розрахунок параметрів руху цього об'єкта, а з блоку гіроскопічних пристроїв надходять значення впливу зовнішніх збурень, які використовуються для кореляції зображень. Після проведення порівняння отриманих даних про об'єкт з математичною моделлю, та встановивши наявність РО на зображенні та виконується розрахунок сигналів зміщення ОУ для супроводу РО. Після цього, розрахувавши наступні координати об'єкта спостереження дані записуються у математичну модель а дані про зміщення та прогнозоване зміщення передаються до блоку управління, що, в свою чергу, формує управляючі сигнали, що забезпечує не лише стабілізацію, як у напівавтоматичному режимі, а й вирівнювання вісі візування ОУ з врахуванням переміщень спостережуваного РО.

Розрахунок координат зміщення виконується за наступною методикою.

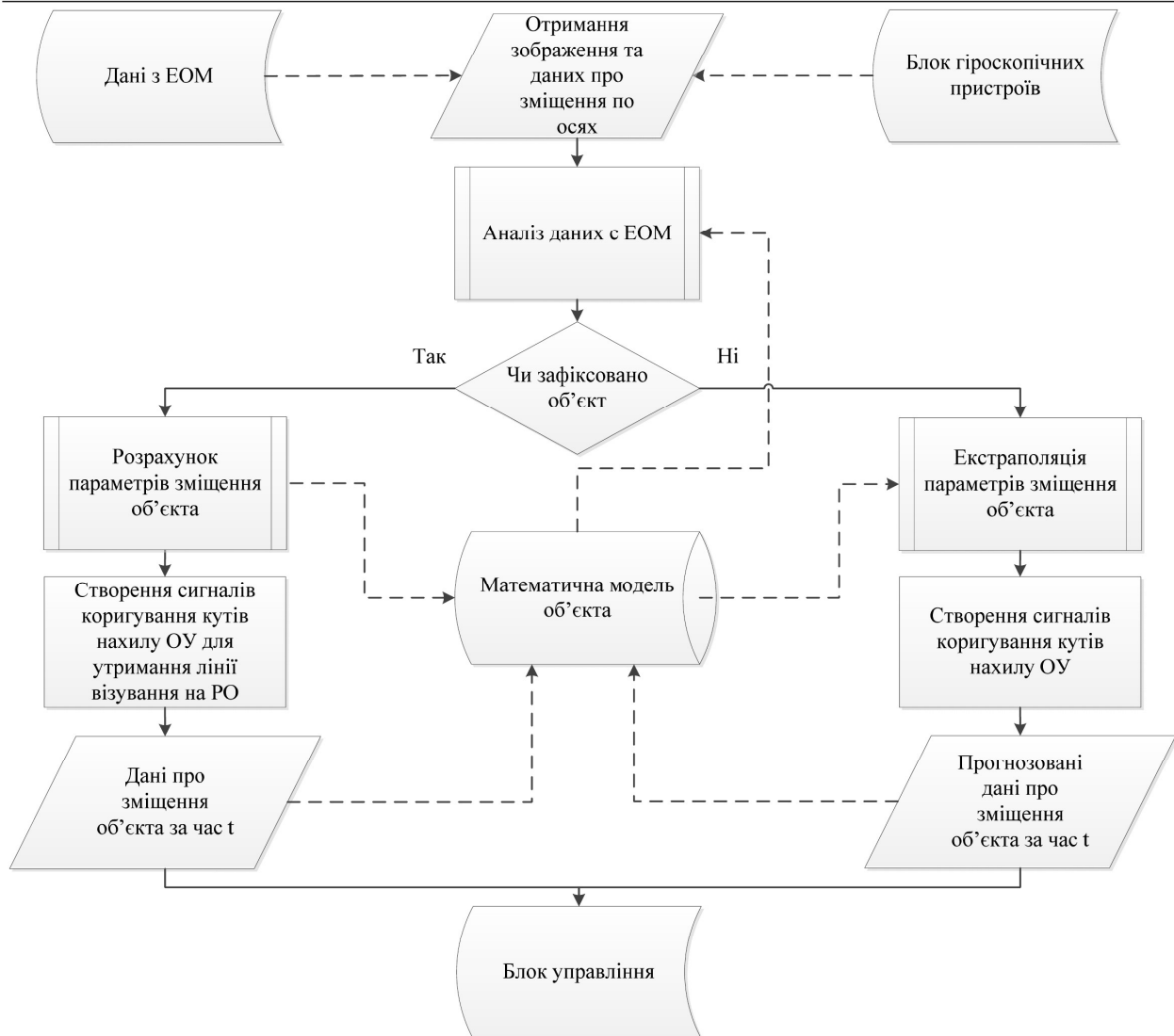


Рис. 2. Схема роботи блоку супроводу об'єктів

Перш за все визначаються такі характеристики об'єкта, як розмір, координати середньої точки, відстань до об'єкта. В подальшому ці дані будуть порівнюватись з більш новими даними та за ними буде визначатися, чи присутній об'єкт на зображенні, чи потрібно проводити екстраполяцію за вже відомими даними.

Розглянемо математичний апарат блоку супроводу об'єктів.

$x_1(t)$, $x_2(t)$ та $y_1(t)$, $y_2(t)$ – крайні горизонтальні та вертикальні координати об'єкта відповідно, що використовуються для визначення розмірів спостережуваного РО за наступними формулами

$$\Delta x(t) = |x_1(t) - x_2(t)|,$$

$$\Delta y(t) = |y_1(t) - y_2(t)|.$$

Далі визначаємо $S(t) = \Delta x(t) * \Delta y(t)$ – індикатор розмірів об'єкта, використовується для перевірки наявності об'єкта: РО може зникнути з поля зору повністю або частково, сховавшись за візуальну перешкоду (будівлі, хвилі, дерева) в результаті параметр буде відрізнятись.

Визначаємо $\Delta S(t) = |S(t) - S(t-1)| < \Delta S_{\text{дон}}$ – обмеження для включення режиму відновлення функціональних залежностей (супроводу без візуальної фіксації об'єкта). Якщо об'єкт присутній тоді використовуються лінійні функції з врахуванням переміщення РО, та даних про відхилення лінії візування ОУ з блоку гіроскопічних пристроїв.

Наступним кроком є визначення координат центру об'єкта – $Z_x(t)$, $Z_y(t)$. Для цього використовуються $g_x(t)$, $g_y(t)$ – дані про зміщення по осях, що надходять з блоку гіроскопічних пристроїв

$$Z_x(t) = x_{\text{сеп}} + g_x(t),$$

$$Z_y(t) = y_{\text{сеп}} + g_y(t),$$

де $x_{\text{сеп}} = \frac{x_1(t) + x_2(t)}{2}$, та $y_{\text{сеп}} = \frac{y_1(t) + y_2(t)}{2}$.

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

$$\Delta Z_x(t) = Z_x(t) - Z_x(t-1),$$

$$\Delta Z_y(t) = Z_y(t) - Z_y(t-1).$$

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 $x^*(t)$ формулою

$$x_{cep}^*(t) = \alpha x_{cep}(t-1) + \alpha(1-\alpha)x_{cep}(t-2) + \alpha(1-\alpha)^2 x_{cep}(t-3) + \dots,$$

або спрощено за рекурентною формулою

$$x_{cep}^*(t) = \alpha x_{cep}(t-1) + (1-\alpha)x_{cep}^*(t-1).$$

Так само обраховується прогнозування $y_{cep}^*(t)$.

Коефіцієнти при $x_{cep}(t-1)$, $x_{cep}(t-2)$, $x_{cep}(t-3)$, ... 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.

В подальшому дана схема передбачає проведення моделювання з врахуванням реальних даних про роботу складної технічної системи, з вдосконаленням методів визначення конкретних коефіцієнтів та врахуванням додаткових похибок.

Висновки

У статті розглянуто існуючу модель складної технічної системи та запропоновано інформаційну систему автоматизованого супроводу рухомого об'єкта, що спостерігається. Наведено формули для відновлення функціональних залежностей та прогнозування руху цього об'єкта. Предметом подальших наукових досліджень буде оптимізація даної моделі з врахуванням додаткових параметрів, що впливають на складну технічну систему.

Література

1. Кучеров Д.П. Синтез адаптивных систем терминального управления; Монография. / Д.П. Кучеров, В.В. Камишин. – К. : Инфосистем, 2010. – 232 с.
2. Бесекерский В.А. Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. / Бесекерский В.А., Фабрикант Е.А. – Л.: Судостроение, 1968. – 350с.
3. Бесекерский В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. И доп. – СПб, изд-во «Профессия», 2003. – 752с.
4. Системи наведення та стабілізації озброєння: Монографія. / Безвесільна О.М., Квасніков В.П., Цірук В.Г., Чіковані В.В. – Київ: НАУ, 2014. – 176с.
5. Сейдж Э.П. Идентификация систем управления, Эндрю П. Сейдж, Джеймс Л. Мелса, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974, 248 с.
6. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей / под редакцией В.Н. Вапника. — М.: Наука, 1984. — 816 с.
7. Таха, Х.А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. С англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
8. Экспериментальная механика: в 2-х кн.: Кн. 2. Пер с англ. / Под ред. А. Кобаяси. – М., Мир, 1990. – 552 с.

References

1. Kuchero D.P., Kamishin V.V. Sintez adaptivnykh sistem terminal'nogo upravleniya: monografiya. Kyiv, "Infosistem", 2010, 232p.
2. Besekerskiy V.A., Fabrikant Ye.A. Dinamicheskiy sintez sistem giroskopicheskoy stabilizatsii Leningrad, "Sudostroyeniye", 1968, 350 p.
3. Besekerskiy V.A., Popov Ye.P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. St. Petersburg "Professiya", 2003, 752 p.
4. Bezvesil'na O.M., Kvasnikov V.P., TSiruk V.G., CHikovani V.V. Sistemi navedennya ta stabilizatsii ozbroennya. Kyiv, NAU, 2014, 176 p.
5. Seydzh E.P., Melsa D.L. Identifikatsiya sistem upravleniya. Moscow "Nauka", 1974, 248 p.
6. Algoritmy i programmy vosstanovleniya zavisimostey. Ed. by V.N. Vapnik, Moscow, "Nauka", 1984, 816 p.
7. Takha, K.H.A. Vvedeniye v issledovaniye operatsiy. Moscow, Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2005, 912 p.
8. Eksperimental'naya mekhanika: v 2-kh kn.: Kn. 2. Ed. by A. Kobayasi. Moscow, "Mir", 1990, 552 p.