

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАВОЛОДЬКО ГАННА ЕДВАРДІВНА



УДК 004.045

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ У
СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі систем інформації Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Обод Іван Іванович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
професор кафедри систем інформації

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Тимочко Олександр Іванович,
Харківський національний університет Повітряних
Сил імені Івана Кожедуба,
професор кафедри повітряної навігації та бойового
управління авіацією

кандидат технічних наук, доцент
Чала Лариса Ернестівна,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, доцент кафедри штучного
інтелекту

Захист відбудеться «18» травня 2017 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61001, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61001, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розіслано «___» _____ квітня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Дорофєєв Ю.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Методологічну основу створення елементів сучасних систем контролю повітряного простору (КПП) складають інформаційні технології (ІТ), які використовуються при реалізації автоматизованих систем обробки даних. Дійсно, успішне виконання завдань, що стоять перед повітряними силами Збройних сил України, визначається наявністю достовірного інформаційного забезпечення (ІЗ), котре надає система КПП. Система КПП виконує *інформаційно-контролюючі, інформаційно-аналітичні та інформаційно-керуючі* функції. Ефективність такої системи визначається її результативністю щодо виконання кожної з цих функцій та певними загальносистемними показниками.

Істотний внесок в розвиток теорії і практики автоматизації процесів обробки даних систем КПП, розробки та експлуатації систем спостереження та аеронавігаційного забезпечення внесли Т.Г. Анодіна, А.А. Кузнєцов, Є.Д. Маркович, В.М. Кейн, В.І. Савицький, Г.С. Пятко, А.І. Краснов та інші. Основою розробки алгоритмічного та програмного забезпечення інформаційного забезпечення КПП є роботи А. Фаріни, В.А. Ліхарева, С.З. Кузьміна, Р. Сінгера та інших авторів.

ІЗ полягає в одержанні споживачем координатної інформації про повітряний об'єкт (ПО), що спостерігається, додаткової польотної данні про його стан і параметри руху, а також інформації про державну приналежність ПО. Для підвищення якості інформації СС вона обробляється за такою послідовною процедурою: обробка сигнальних даних, первинна, вторинна та третинна обробка даних (ПОД, ВОД та ТОД відповідно) з використанням сигнального процесору та процесору даних. Така послідовна процедура унеможливорює сумісну оптимізацію обробки сигналів та даних і, як наслідок, знижує якість обробки даних, а наявність навмисних та ненавмисних завад знижує, а в деяких випадках і унеможливорює видачу достовірної інформації про ідентифікацію ПО.

Тільки наявність достовірної інформації від первинних СС та СІ, яка значною мірою визначається якістю обробки даних зазначених СС з використанням сучасних інформаційних технологій, дозволяє прийняти правильне рішення.

Таким чином, науково-практична задача розробки та дослідження методів та моделей підвищення якості обробки даних у системі КПП є актуальною та визначає напрям дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі систем інформації НТУ «ХПІ» у рамках держбюджетної НДР МОН України «Розвиток теорії обробки інформації та ідентифікація об'єктів у єдиній інформаційній мережі СС» (ДР № 0110U001250), де здобувач брала участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є розробка моделі спостереження повітряного простору та методів підвищення якості обробки даних у системі КПП шляхом багатосистемного спостереження та багатооглядового накопичення даних.

Відповідно до зазначеної мети поставлено наступні задачі:

1. Провести класифікацію СС ПП та здійснити аналіз процесу обробки сигналів та даних в інформаційно-обчислювальних системах;
2. Удосконалити інформаційну модель спостереження повітряного простору на основі вимог щодо деталізації спостереження;
3. Розробити інформаційну модель сумісної СС ПП на базі дистанційної та двох локальних підсистем спостереження, що дозволяє моделювати різні потреби як до якості, так і кількості інформації, що потребує споживач;
4. Розробити загальну структуру інформаційного забезпечення та визначити показник якості обробки даних системи КПП на базі СС ПП, що враховує як імовірність виявлення ПО, так і точність оцінки місцеположення;
5. Розробити методи підвищення якості обробки інформації у системі КПП на основі багатосистемного спостереження та багатооглядового накопичення даних;
6. Розробити модель обробки інформації на основі багатооглядового накопичення даних систем спостереження, що враховує можливість виконання етапів обробки в різній послідовності;
7. Визначити рекомендації щодо реалізації методів обробки даних вторинних СС КПП на основі порівняльного аналізу.

Об'єктом дослідження є процес обробки даних у системі контролю повітряного простору.

Предметом дослідження є методи та моделі обробки даних у системі контролю повітряного простору.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційних досліджень використані: методи теорії систем масового обслуговування – для розробки методики оцінки якості обробки даних у системі КПП в умовах дії внутрішньосистемних та навмисних корельованих та некорельованих завад; методи аналізу – на основі якого були намічені шляхи та методи підвищення якості обробки даних; методи теорії виявлення – для оцінки якості виявлення та обробки сигналів та даних СС та метод максимальної правдоподібності – для оцінки якості параметрів вектору стану повітряного об'єкту.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає у розробці методів та моделей підвищення якості обробки даних у системі КПП при дії внутрішньосистемних, а також навмисних корельованих та некорельованих завад за рахунок спадкоємного переходу до інформаційної мережі СС повітряного простору:

– *отримала подальший розвиток* інформаційна модель спостереження повітряного простору, яка враховує збір, передачу, обробку та розповсюдження інформації, що дає можливість задовольнити сукупність основних вимог щодо деталізації спостереження;

– *вперше* синтезовано структуру інформаційного забезпечення в системі КПП на базі сумісних інформаційних систем спостереження, яка, на відміну від відомих, формує інформацію споживачам на основі вагового об'єднання результатів каналного виявлення, що дозволяє підвищити якість обробки даних;

- *вперше* запропоновано структуру удосконалення даних, яка, на відміну від відомих, реалізує централізовану обробку інформації систем спостереження, що дозволяє провести сумісну оптимізацію та підвищити якість обробки даних;
- *вперше* запропоновано модель обробки даних на основі багатооглядового накопичення інформації систем спостереження, що дозволяє виконувати етапи обробки даних у різній послідовності автоматизовано у реальному часі;
- *вперше* запропоновано метод мережевої обробки інформації, оснований на включенні до складу координат повітряних об'єктів часу їх виміру, що дозволило здійснити поєднання даних різних систем спостереження за однойменними повітряними об'єктами на етапі вторинної обробки;
- *отримав подальший розвиток* метод обробки даних вторинних систем спостереження, який, на відміну від відомих, враховує різну послідовність етапів обробки, що дозволяє підвищити якість інформаційного забезпечення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробки основ інформаційної технології автоматичної обробки даних, використання якої дозволяє підвищити якісні характеристики обробки даних і, як наслідок, підвищити якість інформаційного забезпечення особи, що приймає рішення.

Результати дисертаційної роботи реалізовано в Харківському регіональному структурному підрозділі Державного підприємства обслуговування повітряного руху України.

Практичне значення визначається отриманими патентами на корисну модель «Спосіб мережної обробки інформації» (№ 50595), «Спосіб розподіленої обробки інформації» (№ 51281), «Спосіб розподіленої обробки інформації в мережі СС» (№ 49924) та «Спосіб мережної обробки інформації спільних інформаційних систем» (№ 35887).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: інформаційна модель спостереження ПП, яка враховує збір, передачу, обробку та розповсюдження інформації, що дає можливість задовольнити сукупність основних вимог щодо деталізації спостереження; структура та алгоритм обробки даних системи КПП на базі сумісних інформаційних СС; методи, алгоритми обробки даних та їх програмна реалізація за етапами первинної та вторинної обробки даних; метод мережевої обробки даних, оснований на включенні до складу координат ПО часу їх виміру; метод, алгоритм обробки даних за інформацією вторинних СС та його програмна реалізація.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи були приведені та апробовані на: XVIII – XXIV Міжнародних НПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2010 – 2016); IX Міжнародній конференції «Контроль і управління в складних системах» (Вінниця, 2008); V, VI Міжнародних НПК «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє» (Одеса, 2015, 2016).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 31 наукових публікаціях, з них: 1 монографія, 17 статей у наукових фахових виданнях України (8 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз), 1 – у

закордонному періодичному фаховому виданні, 4 патента України, 9 – у матеріалах конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 161 сторінка, з них: 59 рисунків по тексту, 2 таблиці по тексту, список використаних джерел з 121 найменування на 14 сторінках, 1 додаток на 3 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та основні задачі дисертаційного дослідження, сформульовано нові наукові положення, що виносяться на захист, визначено практичну значимість отриманих результатів та представлено дані про їх реалізацію, апробацію і особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** систематизовані принципи ІЗ системи КПП. Відзначено, що створення єдиної системи ІЗ органів управління та військ дозволяє об'єднати комплекси засобів автоматизації розподілених пунктів управління між собою що забезпечує добування в реальному масштабі часу інформації від різних засобів спостереження, обробки та оптимального її розподілу між користувачами. Наведено тенденції розвитку, класифікацію та основні характеристики СС ПП та показано, що основним джерелом інформації про повітряну обстановку в системі КПП є первинні та вторинні СС, котрі є основою створення мережі ІЗ ПП. Показано, що задачі обробки даних СС ПП зумовили послідовну етапність обробки сигналів та даних СС, що практично унеможливила сумісну оптимізацію як виявлення, так і оцінки положення ПО при сучасному підході до процесу обробки даних у системі КПП.

На підставі аналізу стану вирішення задачі ІЗ користувачів системи КПП сформульовано перспективні можливості її вирішення.

Другий розділ присвячено синтезу структури обробки даних системи КПП на базі сумісних інформаційних СС.

Для деталізації спостереження ПП, яка витікає з потреби задовольнити сукупність основних вимог, до яких відносяться: збір даних; надсилання запитів щодо надання інформації або доставки на борт ПО інформації, що була створена на землі; оброблення інформації від ПО; розповсюдження та організація запитів на обслуговування на рівні підсистеми локального спостереження, запропоновано інформаційну модель спостереження ПП.

Показано, що основою ІЗ системи КПП є первинні та вторинні (запитальні) СС, котрі сумісно дають користувачеві інформацію про те, «хто» знаходиться, «де» і «коли». Наведено інформаційну модель сумісної радіолокаційної СС, яка включає дистанційну та дві локальні підсистеми спостереження, що дозволяє моделювати різні потреби як до якості, так і до кількості інформації, яку потребує споживач.

Показано, що формуляр ПО, котрий складається на етапі ПОД, для вирішення поставлених задач повинен включати: поточний вектор стану з

відповідною матрицею точності, котрий складений на основі виміру координат ПО первинною СС; польотну інформацію; ідентифікацію ПО за ознакою «свій-чужий» та час складання формуляру, що дозволяє перейти до 4D вимірювань.

Розроблено структуру обробки даних на базі сумісних СС, у якій для формування формуляру ПО виконуються такі основні операції обробки сигналів та даних:

- виявлення сигналів за даними кожного каналу сумісної СС;
- результуюче виявлення ПО за даними каналного виявлення сигнальних даних в сумісній СС;
- оцінка параметрів сигналів та координат ПО кожним каналом сумісної СС;
- поєднання результатів оцінки вектору стану ПО;
- прийом та декодування польотних даних за каналом вторинної СС;
- об'єднання координатних та польотних даних вторинної СС;
- поєднання даних первинної та вторинної СС.

Запропоновано показник якості (ПЯ) обробки даних СС, який визначає імовірність інформаційного забезпечення

$$P_{inf} = D_{11}D_{12}D_{13}P_{okp}P_{poe1}P_{poe2}, \quad (1)$$

де D_{11} , D_{12} , D_{13} – імовірності виявлення ПО первинною, вторинною та ідентифікаційною СС; P_{okp} – імовірність об'єднання координатних і польотних даних; P_{poe1} , P_{poe2} – імовірності поєднання даних первинної і вторинної СС, відповідно.

Таким чином, ПЯ (1) враховує всі показники якості обробки даних окремих СС і, як наслідок, підвищення окремого показника якості обробки даних СС призводить до підвищення запропонованого ПЯ.

Синтезовано структуру обробки сигнальних даних на базі сумісних СС ПП та показано, що оптимальний за критерієм Неймана-Пірсона алгоритм виявлення сигнальних даних (L_1) при об'єднанні попередніх рішень всіх каналів обробки є

$$L_1 = \begin{cases} 1, \text{ коли } \sum_{i=1}^k Q_i x_i + \sum_{j=1}^{R-k} Q_j x_j \geq z_0, \\ 0, \text{ коли } \sum_{i=1}^k Q_i x_i + \sum_{j=1}^{R-k} Q_j x_j < z_0, \end{cases} \quad (2)$$

$$Q_i = \ln \left(\frac{D_i}{1-D_i} \frac{1-F_i}{F_i} \right), \quad Q_j = \ln \left(\frac{P_{0j}D_j}{1-P_{0j}D_j} \frac{1-F_j}{F_j} \right),$$

де Q_i, Q_j – вагові коефіцієнти для первинних та вторинних СС, відповідно; $i = \overline{1, k}$; $j = \overline{1, (R - k)}$; k – кількість первинних СС; R – загальна кількість СС; z_0 – поріг, який визначається заданою вихідною ймовірністю тривоги сумісної системи спостереження; x_i, x_j – рішення щодо виявлення сигналів, які прийняті первинними та вторинними СС, відповідно; D_i, D_j – умовні імовірності виявлення сигналів первинними та вторинними СС; F_i, F_j – умовні імовірності хибної тривоги первинної та вторинної СС; P_0 – коефіцієнт готовності літакових відповідачів вторинних СС.

Розрахунки якості обробки даних показали, що кращі показники мають місце при використанні методу обробки сигнальних даних, заснованого на накопиченні з наступним об'єднанням. Так при відношенні «сигнал/шум» $q = 2.3$ та кількості каналів обробки $m = 2$ якість обробки даних збільшується в 1.25 рази.

Запропоновано структуру обробки даних СС ПП, у котрій, завдяки виконанню послідовної процедури обробки даних, вдається здійснити сумісну оптимізацію як виявлення, так і вимірювання координат ПО. Показано, що сумісна оптимізація етапів обробки даних мережі СС можлива тільки при централізованій обробці даних та сигналів. Величина аналогового порогу виявлення сигналів використовується в якості параметру оптимізації при сумісній оптимізації обробки даних спостереження. Для оптимізації виміру стану ПО матриці точності виміру параметрів сигналу та координат ПО попередніх етапів обробки інформації повинні передаватися у складі формуляру ПО.

У **третьому розділі** наведено класифікацію методів підвищення якості обробки даних системи КПП, основою якої є мережевий принцип отримання інформації як в первинних, так і вторинних СС та спадкоємний перехід до єдиної інформаційної мережі СС. Показано, що мережевий принцип побудови характеризується суттєвими перевагами.

Синтезовано структуру обробки даних та показано, що оптимальний за критерієм Неймана-Пірсона алгоритм виявлення ПО (L_2) при об'єднанні попередніх рішень всіх часових каналів обробки визначається наступним чином

$$L_2 = \begin{cases} 1, & \text{коли } \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N Q_{rij} x_{rij} \geq z_0, \\ 0, & \text{коли } \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N Q_{rij} x_{rij} < z_0, \end{cases} \quad (3)$$

де Q_{rij} – матриця вагових коефіцієнтів, x_{rij} – матриця реалізацій, M, N – кількість елементів часового та просторового дозволу.

Оптимальну структуру обробки даних на етапі виявлення ПО наведено на рис. 1, де: УФ – узгоджений фільтр; Д – детектор; ППр – пороговий пристрій; y_{ri} – сигнал СС.

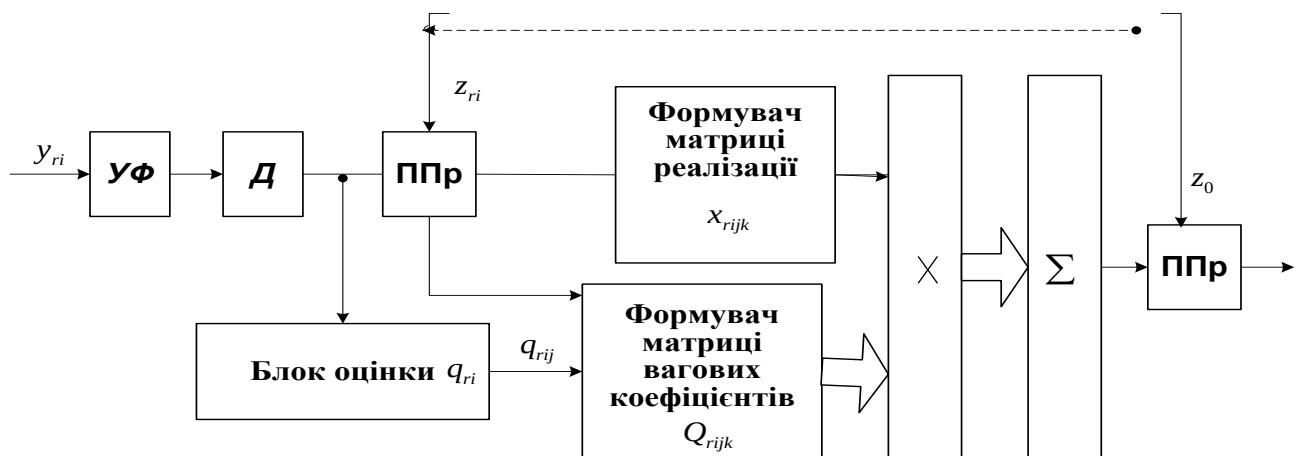


Рисунок 1 – Структура оптимальної обробки даних на етапі виявлення ПО

Формувач матриці реалізацій представляє собою базу даних, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N$ біт інформації. Наявність тільки цього формувача дозволяє реалізувати квазіоптимальний, тобто без врахування вагових коефіцієнтів, виявлювач ПО з сумісною оптимізацією виявлення. Це дозволяє реалізувати схеми з різною послідовністю процедури виявлення ПО.

Формувач матриці вагових коефіцієнтів представляє собою базу даних, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N \times Q$ біт інформації, де Q – розрядність вагових коефіцієнтів.

Наведено розрахунки якості виявлення ПО для двох варіантів обробки даних:

- виявлення даних та накопичення (ВН);
- накопичення даних та виявлення (НВ).

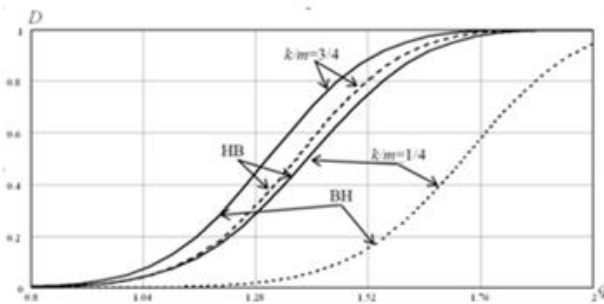


Рисунок 2 – Залежність
 $D = f(F = 10^{-6}, q, k/m)$

На рис. 2 наведено порівняльний аналіз схем обробки даних, що розглядаються, де наочно показано, що при різних логіках обробки потрібно змінювати і схему виявлення. Дійсно, при логіці $\frac{1}{4}$ ліпшу якість дає схема НВ (виграш складає 60 % при $q = 1.52$), а для логіки $\frac{3}{4}$ – схема ВН (виграш складає 10 %).

Досліджено вплив коефіцієнта готовності літакового відповідача (ЛВ) на якість обробки даних та показано, що схема ВН менш чутлива до впливу коефіцієнту готовності. Запропоновано модель обробки даних на основі багатооглядового накопичення даних систем спостереження, що дозволило виконувати етапи обробки даних на рівні траєкторії ПО у різній послідовності автоматизовано та у реальному часі. Наведено синтез оптимальної структури обробки даних на рівні траєкторії та показано, що оптимальний за критерієм Неймана-Пірсона алгоритм виявлення траєкторії ПО (L_3) при об'єднанні попередніх рішень всіх часових каналів обробки визначається наступним чином

$$L_3 = \begin{cases} 1, & \text{коли } \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K Q_{rijk} x_{rijk} \geq z_0, \\ 0, & \text{коли } \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K Q_{rijk} x_{rijk} < z_0, \end{cases} \quad (4)$$

де K – кількість циклів обзору простору.

Структура виявлювача траєкторій ПО має базу даних, яка постійно оновлюється та зберігає реалізації x_{rijk} загальною ємністю $R \times M \times N \times K$ біт інформації, наявність якої дозволяє реалізувати квазіоптимальний виявлювач трас ПО з сумісною оптимізацією виявлення. Запропонована структура схеми з різною послідовністю процедури виявлення трас ПО.

Формувач матриці вагових коефіцієнтів Q_{rijk} представляє собою базу даних, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N \times K \times Q$ біт інформації.

Розглянуто шість схем обробки даних спостереження, котрі відрізняються

різною послідовністю етапів обробки, тобто:

- I) виявлення сигналів СС – виявлення ПО – виявлення траєкторії;
- II) виявлення ПО – виявлення сигналів СС – виявлення траєкторії;
- III) виявлення ПО – виявлення траєкторії – виявлення сигналів СС;
- IV) виявлення траєкторії – виявлення ПО – виявлення сигналів СС;
- V) виявлення траєкторії – виявлення сигналів СС – виявлення ПО;
- VI) виявлення сигналів СС – виявлення траєкторії – виявлення ПО.

На рис. 3 наведено залежності імовірності виявлення траєкторії ПО при логіці $3/4$ для схем обробки, що розглядаються. На рис. 4 наведено розрахунки впливу КГ ЛВ на якість виявлення траєкторії ПО для різних схем обробки.

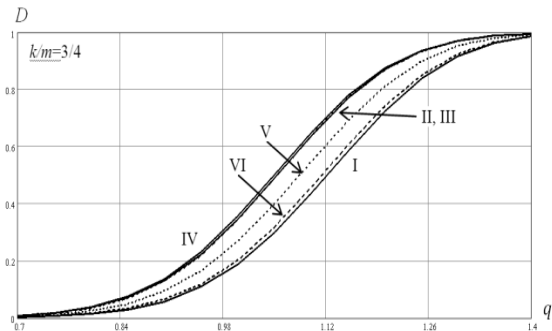


Рисунок 3 – Порівняльний аналіз виявлення траєкторії ПО

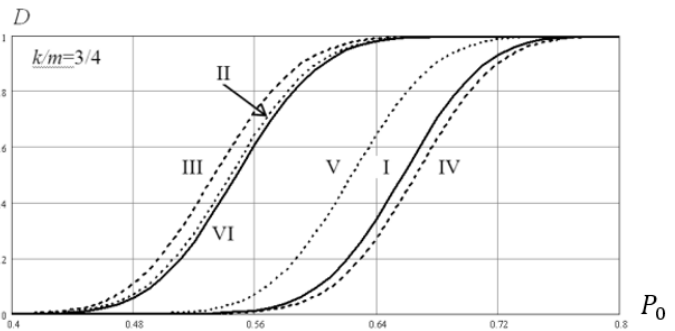


Рисунок 4 – Оцінка впливу КГ ЛВ на якість виявлення траєкторії ПО

Порівняльний аналіз отриманих залежностей показує, що виявлення траєкторій ПО найбільш доцільно виконувати за IV схемою, що дозволяє збільшити якість обробки даних на 20 % при $q = 1.12$ у порівнянні зі схемою I, яка зараз використовується. Аналіз рис. 4 показує, що III схема має найменшу залежність від КГ ЛВ, яка на 40 % має більшу якість обробки даних у порівнянні з існуючою схемою при $P_0 = 0.64$.

Перехід до чотирьох вимірного місцезнаходження ПО змінює процедури поєднання окремих вимірів, здійснених різними СС з різним темпом видачі інформації. Дійсно, з виходу ПОД СС видається формуляр ПО, в склад якого входить час отримання T_i координат ПО з потрібною точністю, що використовується при поєднанні інформації різних СС на етапі вторинної обробки даних. Результуюча матриця точності та оптимальна оцінка вектору стану ПО з урахуванням даних поточного вимірювання визначаються наступним чином:

$$\vec{C}_{k+1} = (\vec{B}_k \vec{C}_k^{-1} \vec{B}_k^T + \vec{Q}_k)^{-1} + \vec{C}_{y(k+1)}, \quad \widehat{W}_{k+1} = \vec{b}_k(\widehat{W}_k) + \vec{C}_{k+1}^{-1} \vec{C}_{y(k+1)} [\widehat{W}_{y(k+1)} - \vec{b}_k(\widehat{W}_k)], \quad (5)$$

де $\widehat{W}_{y(k+1)}$ – поточна оцінка вектору стану ПО, розмірністю 3×1 (кількість параметрів координатної системи, яка використовується); $\vec{C}_{y(k+1)}$, $(\vec{C}_{k+1}^{-1})$ – матриця точності (кореляційна матриця помилок) на $(k+1)$ -му кроці; $\widehat{W}_k$ – оцінка місцеположення ПО на k – му кроці; $\vec{B}_k = \|db^{(i)}/dW^{(j)}\|_{\vec{W}=\widehat{W}}$ – матриця прогнозу, $\vec{b}_k$ – модель прогнозу руху повітряного об'єкту; $\vec{Q}_k$ – матриця маневрів.

Структурну схему дискретної системи, котра реалізує фільтрацію оцінок (5), наведено на рис. 5. Відфільтровані оцінки запам'ятовуються за допомогою елемента затримки та використовуються для прогнозу на наступний крок. Час

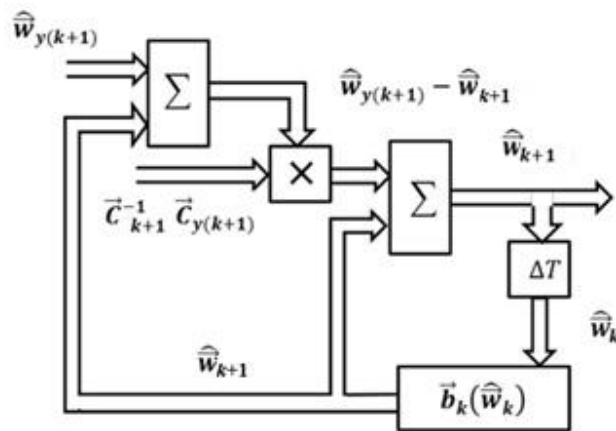


Рисунок 5 – Фільтрація оцінок різних СС за однойменними ПО

затримки не є постійним, а змінюється за лінійним законом. За цим законом змінюється і прогноз появи вектору стану за даними будь-якої СС. Тобто функція $\vec{b}_k(\vec{w}_k)$ формується не в дискретному часі, а в лінійній залежності від безперервного часу та корегується, в загальному випадку, при кожному вводиті нового вектору стану ПО, отриманому від СС, що спостерігає цей ПО. Непогодженість поточної оцінки і

даних прогнозу з встановленою матричною вагою додається до прогнозованої оцінки, що і дає результуючу оцінку. Наведена структура дозволяє здійснювати фільтрацію оцінок місцеположення ПО для окремих СС, у котрих відомим є темп надходження плинних оцінок стану ПО, тобто час затримки ΔT .

При переході до 4D вимірювань у формулярі ПО надається час надходження відмітки T_k , що дозволяє отримати час затримки від попередньої відмітки як $\Delta T = T_{k+1} - T_k$.

Інформаційна технологія обробки даних у системі КПП наведена на рис. 6, де k – виявлення траси ПО.

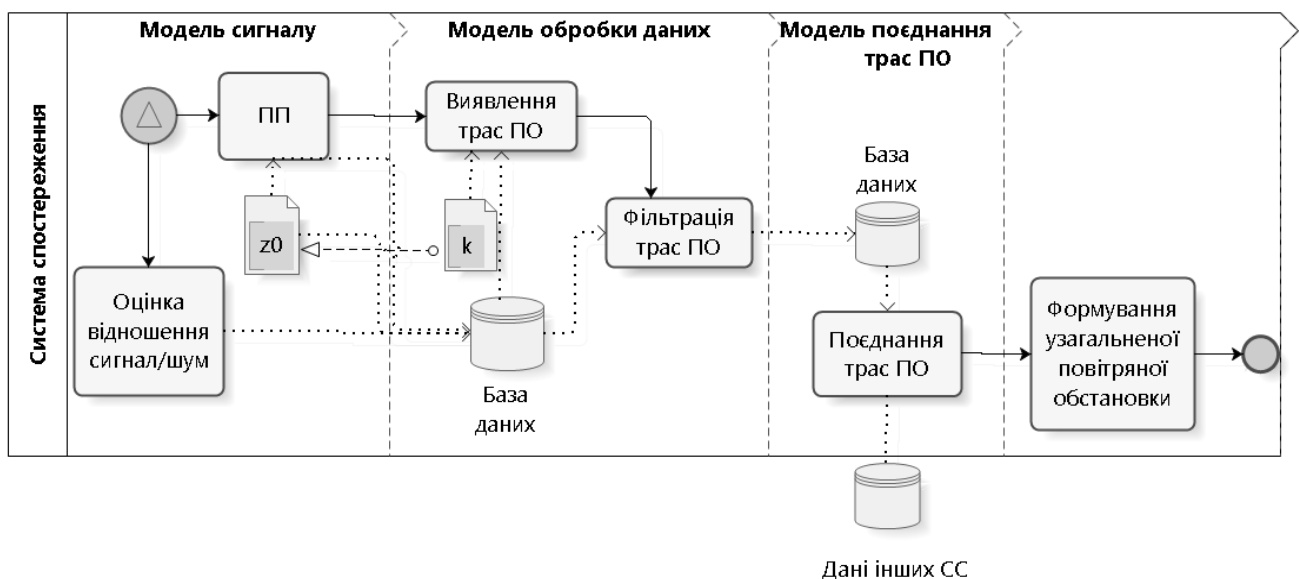


Рисунок 6 – Інформаційна технологія обробки даних у системі КПП

Запропонована інформаційна технологія дозволяє збільшити кількість варіантів обробки даних, провести сумісну оптимізацію обробки даних та здійснити поєднання даних різних СС за однойменними ПО на етапі ВОД.

Четвертий розділ містить результати дослідження якості обробки даних вторинними СС, які у теперішній час відносяться до основних інформаційних засобів. Але дослідження реалізації ВОД вторинними СС відсутні. У роботі досліджуються такі наступні питання: оптимізація обробки сигналів запиту та відповіді; обробка сигналів відповіді; первинна обробка даних та траєкторна обробка.

Здійснено статистичний синтез оптимального виявлювача ПО за пачкою даних з урахуванням коефіцієнта готовності літакового відповідача та імовірності подавлення окремих даних. Показано, що підвищення імовірнісних характеристик вторинної СС при роботі ЛВ у полі значних потоків навмисних і внутрішньосистемних завад забезпечується вибором порогів виявлення залежно від значень коефіцієнта готовності відповідача й імовірності подавлення окремих даних. З іншого боку, застосування оптимальних для даних умов роботи відповідача в каналі запиту порогів виявлення на вторинній СС дозволяє знизити вимоги до пропускну здатності ЛВ для значної інтенсивності потоків внутрішньосистемних і навмисних корельованих завад.

Показано, що цифровий поріг, оптимальний за критерієм максимізації ймовірності виявлення ПО вторинною СС, апроксимується наступним виразом

$$k_{opt} \approx (N - 2) \cdot P_0 / 2.$$

Наведені розрахунки показали, що використання попередньої міжперіодної обробки даних є більш переважним у порівнянні з наступною міжперіодною обробкою, яка використовується в існуючих вторинних СС. Ця обставина зменшує негативну дію флуктуаційних та імпульсних завад у каналі відповіді та вплив коефіцієнта готовності літакового відповідача на якість обробки даних вторинних СС.

Наявність централізованої обробки дозволяє виконувати процедури етапів обробки в різній послідовності. При цьому слід зазначити, що на виході пристрою обробки видається рішення про виявлення чи невиявлення траси ПО.

Результати розрахунків для перерахованих варіантів централізованої обробки даних вторинних СС наведено на рис. 7.

Аналіз приведених залежностей показує, що найліпшим варіантом обробки даних вторинних СС є той, у якому послідовно здійснюються операції виявлення траси ПО за поодинокими сигналами ЛВ, за результатами цього здійснюється виявлення сигнальних даних у вторинній СС та, на останньому кроці, здійснюється виявлення ПО. Виграш якості обробки даних цього варіанту оцінюється у збільшенні в 1.7 рази у порівнянні з першим варіантом, який, як правило, реалізується у сучасних системах КПП при відношенні сигнал/шум 1.32. У той же час найменшу чутливість впливу коефіцієнта готовності ЛВ на якість обробки даних має схема обробки, у якій послідовно здійснюються операції виявлення ПО за поодинокими сигналами ЛВ, за результатами цього

здійснюється виявлення траєкторії і надалі здійснюється виявлення сигналів вторинної СС. При $P_0 = 0.76$ виграш якості обробки даних цього варіанту збільшується у 9 разів у порівнянні з першим варіантом.

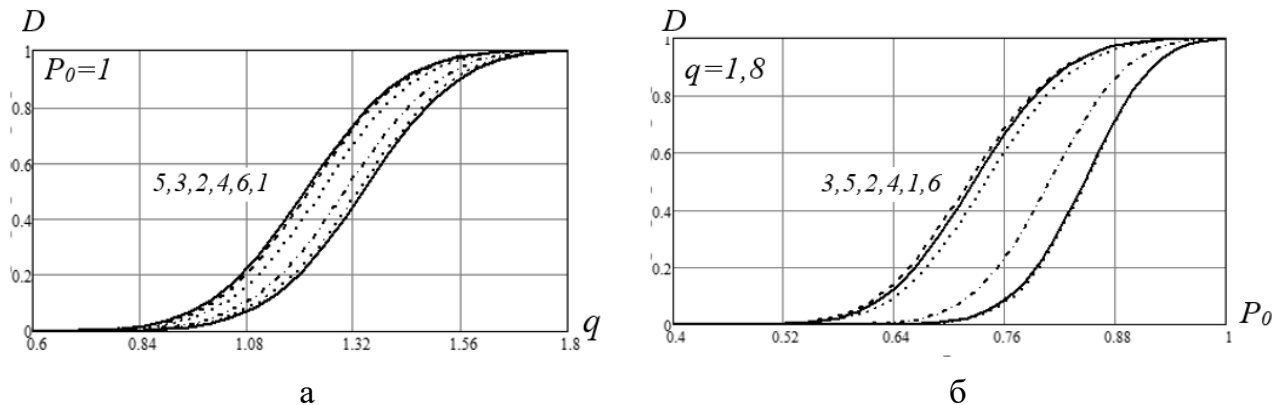


Рисунок 7 – Графіки ймовірності виявлення траси ПО для різних схем:
а) $D = f(q, P_0 = 1)$; б) $D = f(P_0, q = 1.8)$.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача підвищення якості інформаційного забезпечення осіб, що приймають рішення в системі КПП, шляхом мережевої побудови централізованої структури обробки та багатооглядового накопичення даних систем спостереження.

У процесі виконання дисертації отримані такі результати:

1. Досліджено тенденції розвитку, класифікацію та основні характеристики систем спостереження ПП та показано, що основним джерелом інформації про повітряну обстановку в системі КПП є первинні та вторинні СС. Проведений аналіз показав, що СІ за ознакою «свій-чужий» є одним з основних джерел інформації в системі КПП. Однак принципи побудови СІ, мережі СІ, відповідачів та запитувачів, а також особливості їх технічної реалізації апіорі зумовлюють низьку якість ІЗ.

2. Розроблено інформаційну модель спостереження ПП, виходячи з потреби задовольнити сукупність основних вимог, до яких відносяться: отримання інформації від ПО (збір даних); передавання інформації ПО (надсилання запитів щодо надання інформації або доставку на борт ПО інформації, що була створена на землі); обробка інформації від ПО; розповсюдження та організація запитів на обслуговування на рівні підсистеми локального спостереження та регіональному рівні.

3. Створено інформаційну модель сумісної радіолокаційної СС, яка включає дистанційну та дві локальні підсистеми спостереження та є основою інформаційного забезпечення системи КПП у складі первинної та запитальної СС, котрі сумісно дають користувачеві інформацію про те, «хто» знаходиться, «де» і «коли», що дозволяє моделювати різні потреби як до якості, так і до кількості інформації, що потребує споживач.

4. Розроблено загальну структуру обробки даних системи КПП на базі первинної, вторинної СС та інформаційно-обчислювальної системи ПОД, в якій здійснюється виявлення та оцінка місцеположення ПО за даними СС, обробка польотної інформації, поєднання координатних та польотних даних вторинних СС, порівняння координатних даних ПО, отриманих первинною та вторинною СС, і на основі цього складання формуляру ПО в складі вектору місцеположення ПО, матриці точності оцінки місцеположення, польотної інформації, ідентифікації ПО за ознакою «свій-чужий» та час складання формуляру. Визначено, що ПЯ ІЗ є якість обробки даних системи КПП, що є добутком імовірності виявлення ПО, імовірності порівняння та об'єднання даних первинної та вторинної СС.

5. Синтезовано структуру виявлення сигнальних даних на базі сумісних СС ПП, яка враховує вагове об'єднання результатів каналного виявлення даних як первинних, так і вторинних СС при формуванні інформаційного пакету, що дозволяє підвищити якість обробки даних та зменшити вплив коефіцієнта готовності літакового відповідача вторинної СС на якість даних. Наведені розрахунки якості обробки даних показали, що кращі показники мають місце при використанні методу обробки сигнальних даних, заснованого на накопиченні з наступним об'єднанням. Так при $q = 2.3$ та $m = 2$ якість обробки даних збільшується в 1.25 рази.

Розроблено структуру обробки даних на основі СС ПП, у котрій, завдяки виконанню послідовної розподіленої процедури обробки сигналів та первинної обробки інформації, вдається здійснити сумісну оптимізацію як виявлення, так і вимірювання координат ПО. Показано, що сумісна оптимізація етапів обробки даних мережі СС можлива тільки при централізованій обробці даних. Величина аналогового порогу виявлення сигналів використовується в якості параметру при сумісній оптимізації обробки даних спостереження. Визначено, що для оптимізації виміру стану ПО повинні передаватися у складі формуляру ПО матриці точності виміру параметрів сигналу та координат ПО попередніх етапів обробки даних.

Синтезовано оптимальну структуру обробки даних при централізованій обробці даних у синхронній мережі СС на рівні виявлення ПО. Показано, що для логіки обробки $\frac{1}{4}$ ліпшу якість виявлення сигналів дає схема накопичення-виявлення (виграш складає 60 % при $q = 1.52$), а для логіки $\frac{3}{4}$ – схема виявлення-накопичення (виграш складає 10 % при $q = 1.52$). Для малих логік обробки більш доцільною є схема виявлення та подальшого накопичення, що забезпечує меншу чутливість до коефіцієнта готовності ЛВ, а для великих логік – навпаки.

Розроблено метод поєднання даних різних джерел за однойменним ПО на етапі фільтрації траєкторії ПО при вторинній обробці даних за рахунок переходу до чотирьохвимірної оцінки вектору місцеположення ПО, що дозволяє підвищити якість обробки даних системи КПП.

Запропоновано метод оптимізації обробки сигналів відповіді вторинних СС ПП, при якому спочатку виконується міжперіодна обробка сигналів, що приймаються, а потім декодування сигналів. Наведені розрахунки ІЗ користувачів

запропонованим методом дозволяють зробити наступні висновки: модернізована структура обробки даних відповіді вторинних СС дозволяє підвищити якість ІЗ користувачів та зменшити вплив коефіцієнту готовності ЛВ на якість ІЗ.

Синтезовано оптимальну структуру виявлення ПО за даними вторинних систем спостереження ПП, в котрій враховується не тільки коефіцієнт готовності ЛВ, а і ймовірності подавлення окремих імпульсів СВ, та показано, що, якщо ймовірність виявлення більша за порогове значення, то для каналу відповіді вторинної СС існує таке значення співвідношення сигнал/завада, що при заданій ймовірності виявлення сигнальних даних забезпечується задане значення ймовірності правильного виявлення ПО.

6. Запропоновано модель обробки даних на основі багатооглядового накопичення даних систем спостереження, що дозволяє виконувати етапи обробки даних у різній послідовності автоматизовано у реальному часі та синтезовано оптимальну структуру обробки даних у синхронній мережі СС на рівні виявлення трас ПО. Дослідження, проведене для виявлення трас ПО, показало, що: критерії виявлення для різних схем обробки та логік обробки є різними при оптимізації виявлення траєкторії ПО, що дозволяє оптимально підбирати схему обробки для оптимізації виявлення трас ПО; вплив КГ ЛВ на якість виявлення траєкторії ПО при різних схемах обробки та логік обробки суттєво відрізняється, що дозволяє оптимізувати виявлення траєкторії ПО в залежності від зазначеного фактору.

7. Розроблено рекомендації щодо вибору варіанту обробки інформації на основі порівняльного аналізу якості обробки даних вторинних СС на етапі вторинної обробки інформації з централізованою обробкою даних. Показано, що найліпшим варіантом обробки даних вторинних СС є той, у якому послідовно здійснюються операції виявлення траси ПО за поодинокими сигнальними даними ЛВ, за результатами цього здійснюється виявлення сигнальних даних вторинної СС і, на останньому кроці, здійснюється виявлення ПО. Виграш якості обробки даних цього варіанту оцінюється у збільшенні в 1.7 рази ймовірності виявлення траси ПО у порівнянні з першим варіантом, який, як правило, реалізується у сучасних системах КПП при відношенні сигнал/шум 1.32. Показано, що варіант централізованої обробки даних вторинних СС, у якому спочатку здійснюється виявлення ПО, потім виявлення траєкторії і, надалі, виявлення сигнальних даних вторинної СС, має меншу чутливість до коефіцієнта готовності ЛВ. Так ймовірності виявлення трас ПО вторинною СС при $P_0 = 0.76$ цього варіанту обробки даних збільшуються практично на порядок у порівнянні з існуючим варіантом обробки даних.

8. Отримані в роботі теоретичні та практичні результати впроваджено в Харківському регіональному структурному підрозділі Державного підприємства обслуговування повітряного руху України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Обод І.І. Обробка даних систем спостереження повітряного простору: монографія. За заг. ред. І.І. Обод / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – 281 с.

Здобувач обтрунтувала та провела аналіз методів обробки даних систем спостереження повітряного простору.

2. Обод И.И. Повышение качества идентификации воздушных объектов в единой информационной сети систем наблюдения / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ : ЦНДІНУ, 2008. – № 1(5). – С. 135-137.

Здобувач запропонувала методи підвищення якості ідентифікації повітряних об'єктів в інформаційній мережі.

3. Обод И.И. Оптимальное измерение параметров сигналов в запросных системах наблюдения / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2008. – № 3(70). – С. 108-110.

Здобувач провела аналіз методів обробки сигнальних даних.

4. Обод І.І. Єдине координатно-часове забезпечення як основа розв'язування протиріч інформаційної мережі систем спостереження / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, М.Ю. Охрименко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – № 24. – С. 113-119.

Здобувач запропонувала структуру єдиного координатно-часового забезпечення в мережах систем первинної та вторинної радіолокації.

5. Обод И.И. Синтез оптимального обнаружителя траекторий воздушных объектов по данным запросных систем наблюдений единой информационной сети / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – № 49. – С. 114-119.

Здобувачем проведено аналіз показників якості виявлення повітряних об'єктів синтезованого виявлювача.

6. Заволодько А.Э. Обнаружение траекторий воздушных объектов по данным запросных систем наблюдения единой информационной сети / А.Э. Заволодько // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – № 13. – С. 104-108.

7. Обод И.И. Сравнительный анализ качества обнаружения трасс воздушных объектов запросными системами наблюдения единой информационной сети / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системи управління, навігації та зв'язку. – Харків : ХУПС, 2009. – № 1(9). – С. 23-26.

Здобувач здійснила порівняльний аналіз якості виявлення трас повітряних об'єктів.

8. Обод И.И. Синтез квазиоптимального обнаружителя трасс воздушных объектов запросными системами наблюдений единой информационной сети /

И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2009. – № 2(76). – С. 72-75.

Здобувач отримала структуру квазіоптимального виявлювача.

9. Обод И.И. Сетевое сопровождение воздушных объектов запросными системами наблюдения единой информационной сети / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – № 11. – С. 117-122.

Здобувач розробила структуру обробки даних в мережі систем спостереження.

10. Обод І.І. Структура та показники якості інформаційного забезпечення споживачів системами спостереження повітряного простору / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2011. – № 8(98). – С. 106-109.

Здобувач розробила структуру та показник якості інформаційного забезпечення користувачів СС ПП.

11. Обод І.І. Інформаційні технології виявлення траєкторії повітряних об'єктів при багатооглядовому некогерентному накопиченні сигналів / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, А.Е. Горюшкіна // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2012. – № 5(103). – С. 57-59.

Здобувач розробила структуру інформаційної технології виявлення траєкторії повітряних об'єктів.

12. Обод І.І. Інформаційні технології підвищення якості ІЗ споживачів системами спостереження повітряного простору / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, М.Ю. Охрименко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ : ЦНДІНУ, 2012. – № 1(21). – Т. 2. – С. 116-119.

Здобувач запропонувала інформаційні технології підвищення якості інформаційного забезпечення споживачів системами спостереження.

13. Обод І.І. Підвищення якості інформаційного забезпечення споживачів на основі сумісної обробки інформації систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, М.Ю. Охрименко // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2012. – № 6(104). – С. 81-83.

Здобувач синтезувала структуру сумісної обробки інформації систем спостереження повітряного простору.

14. Заволодько Г.Е. Інформаційна модель спостереження повітряного простору / Г.Е. Заволодько, А.І. Обод, В.А. Андрусевич // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2015. – № 12(137). – С. 23-26.

Здобувач обґрунтувала складові системи спостережень інформаційної моделі.

15. Заволодько Г.Е. Аналіз якості об'єднання інформації в інформаційній мережі систем спостереження повітряного простору / Г.Е. Заволодько, А.І. Обод,

В.А. Андрусевич // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2016. – № 5(142). – С. 15-17.

Здобувач виконала аналіз якості поєднання даних інформаційної мережі.

16. Стрельницький О.О. Інформаційна модель локальної системи спостереження повітряного простору / О.О. Стрельницький, Г.Е. Заволодько, В.А. Андрусевич // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2016. – № 1(138). – С. 44-46.

Здобувач розробила інформаційну модель локальної системи спостереження.

17. Обод І.І. Оптимізація обробки даних в мережах систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.О. Стрельницький, Г.Е. Заволодько, В.А. Андрусевич // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2016. – № 3(140). – С. 97-99.

Здобувач обґрунтувала оптимізацію виявлення повітряних об'єктів в мережі систем спостереження повітряного простору.

18. Strelnytskiy A.A. Data processing optimization in the aerospace surveillance system network / A.A. Strelnytskiy, G.E. Zabolodko, V.A. Andrusovich // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016. – Vol. 75(13). – P. 1193-1200.

Здобувач обґрунтувала оптимізацію виявлення та виміру координат повітряних об'єктів на етапі первинної обробки інформації.

19. Спосіб мережної обробки інформації спільних інформаційних систем: пат. 35887 МПК G 01 S 13/00 (2006) / Обод І.І., Заволодько Г.Е. – Заявл. 23.04.2008. Опубл. 10.10.2008. Бюл. № 19.

Здобувач запропонувала метод поєднання інформації первинного та вторинного радіолокаторів.

20. Спосіб розподіленої обробки інформації в мережі систем спостереження: пат. 49924 МПК G 01 S 13/02 (2006.01) / Обод І.І., Заволодько Г.Е., Охрименко М.Ю. – Заявл. 25.01.2010. Опубл. 11.05.2010. Бюл. № 9.

Здобувач запропонувала метод вторинної обробки інформації.

21. Спосіб мережної обробки інформації: пат. 50595 МПК G 01 S 13/02 (2006.01) / Обод І.І., Заволодько Г.Е., Охрименко М.Ю. – Заявл. 01.02.2010. Опубл. 10.06.2010. Бюл. № 11.

Здобувач обґрунтувала метод прогнозу вектору стану ПО.

22. Спосіб розподіленої обробки інформації: пат. 51281 МПК G 01 S 13/02 (2006.01) / Обод І.І., Заволодько Г.Е., Охрименко М.Ю. – Заявл. 18.01.2010. Опубл. 12.07.2010. Бюл. № 13.

Здобувач запропонувала метод об'єднання інформації різних СС за однойменними ПО.

23. Обод І.І. Оптимизация структуры фильтра слежения запросных систем наблюдения единой информационной сети / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько // Тези

доповідей IX Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах». – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – С. 14.

Здобувач розробила методикку розрахунку показників якості ІЗ.

24. Заволодько А.Э. Сопровождение воздушных объектов по данным запросных систем наблюдения единой информационной сети / А.Э. Заволодько // Тези доповідей XVIII Міжнародної НПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – Ч. IV. – С. 109.

Здобувач обґрунтувала підвищення якості ІЗ споживачів системи КПП за рахунок використання ІТ.

25. Заволодько А.Э. Вторичная обработка информации в запросных системах наблюдения единой информационной сети / А.Э. Заволодько // Тези доповідей XIX Міжнародної НПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – Ч. IV. – С. 127.

26. Обод І.І. Інформаційні технології підвищення якості інформаційного забезпечення споживачів систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, М.Ю. Охрименко, Г.Е. Заволодько // Тези доповідей XX Міжнародної НПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – Ч. IV. – С. 83.

Здобувач обґрунтувала підвищення якості ІЗ споживачів системи КПП за рахунок використання ІТ.

27. Обод І.І. Інформаційні технології оптимізації обробки інформації у системах спостереження повітряного простору / І.І. Обод, М.Ю. Охрименко, Г.Е. Заволодько // Тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – Ч. IV. – С. 77.

Здобувач розробила ІТ оптимізації обробки інформації в системі КПП.

28. Обод І.І. Алгоритм та показники якості виявлення ПО у інформаційних мережах систем спостереження / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, М.Ю. Охрименко // Тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – Ч. IV. – С. 106.

Здобувач розробила алгоритм виявлення ПО.

29. Заволодько Г.Е. Інформаційні технології підвищення якості інформаційного забезпечення споживачів системами спостереження повітряного простору / Г.Е. Заволодько // Тези доповідей V Міжнародної НПК «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє». – Одеса : ОНАЗ, 2015. – Ч. II. – С. 32-35.

30. Заволодько Г.Е. Оптимізація обробки інформації в мережі систем спостереження повітряного простору / Г.Е. Заволодько // Тези доповідей VI Міжнародної НПК «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє». – Одеса : ОНАЗ, 2016. – Ч. II. – С. 15-19.

31. Заволодько Г.Е. Інформаційна модель спостереження повітряного простору / Заволодько Г.Е., Обод А.І., Андрусевич В.А. // Тези доповідей XXIV Міжнародної НПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – Ч. IV. – С. 122.

Здобувач обґрунтувала складові СС інформаційної моделі.

АНОТАЦІЇ

Заволодько Г.Е. Методи та моделі підвищення якості обробки даних у системі контролю повітряного простору. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2017 р.

Дисертація присвячена теоретичному узагальненню і новому рішенню актуальної науково-практичної задачі підвищення якості обробки даних в системі контролю повітряного простору. Вказане завдання вирішене шляхом розробки моделей і методів підвищення якості фільтрації даних на основі мережевої побудови структури систем спостереження з централізованою обробкою даних. Запропонована модель і синтезовані оптимальні за критерієм Неймана-Пірсона структури уточнення даних при реалізації централізованої обробки даних на етапах виявлення сигналів, повітряних об'єктів і трас повітряних об'єктів. Показано, що такі структури обробки даних дозволяють здійснити спільну оптимізацію як виявлення, так і виміру координат повітряних об'єктів, а також здійснити об'єднання інформації від різних систем спостереження на етапі вторинної обробки даних.

Ключові слова: інформаційна технологія, інформаційна система, автоматична обробка даних, інформаційне забезпечення, система контролю, повітряний простір, система спостереження, інформаційна модель.

Заволодько А.Э. Методы и модели повышения качества обработки данных в системе контроля воздушного пространства. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2017 г.

В диссертационной работе приведено теоретическое обобщение и новое решение актуальной научно-практической задачи, которая заключается в повышении качества информационного обеспечения системы контроля воздушного пространства. Поставленную задачу решено путем разработки моделей и методов повышения качества обработки данных на основе сетевого построения структуры информационного обеспечения с централизованной обработкой данных. Исследованы тенденции развития, классификация и основные характеристики систем информационного обеспечения воздушного пространства и показано, что основным источником информации о воздушной

обстановке в системе контроля воздушного пространства являются первичные и вторичные системы наблюдения. Проведенный анализ показал, что система идентификации по признаку «свой-чужой» является одним из основных источников информации в системе контроля воздушного пространства. Однако, принципы построения систем идентификации, сетей систем идентификации, ответчиков и запросов, особенности их технической реализации априори предопределяют низкую помехоустойчивость и энергетическую скрытость систем идентификации, которые приводят к низкому качеству информационного обеспечения систем идентификации.

Разработана общая структура обработки данных системы контроля воздушного пространства на базе совместной системы наблюдения и информационно-вычислительной системы обработки первичных данных. Определен состав формуляра воздушного объекта (ВО), куда должны входить: вектор местоположения, матрица точности оценки местоположения, полетная информация, результат идентификации ВО по признаку «свой-чужой» и время составления формуляра. Показателем качества информационного обеспечения является качество обработки данных, которое зависит от: вероятности выявления ВО, вероятности сравнения и объединения информации первичной и вторичной систем наблюдения.

Синтезирована структура выявления сигналов на базе совместных систем наблюдения воздушного пространства, которая учитывает на основе весового объединения результатов канального выявления данные как первичных, так и вторичных систем наблюдения при формировании информационного пакета, что позволяет повысить качество обработки данных и уменьшить влияние коэффициента готовности самолетного ответчика вторичной системы наблюдения.

Разработана структура фильтрации данных на основе системы наблюдения воздушного пространства, в которой, благодаря выполнению последовательной централизованной процедуры обработки сигнальных данных и первичной обработки данных, удастся осуществить совместную оптимизацию как выявления ВО, так и измерения координат ВО.

Синтезирована оптимальная по критерию Неймана-Пирсона структура централизованной обработки данных в синхронной сети систем наблюдения на уровне выявления ВО. Показано, что для малых логик обработки целесообразной является схема выявления и последующего накопления, которая обеспечивает меньшую чувствительность к коэффициенту готовности самолетного ответчика, а для больших логик – наоборот.

Предложена модель уточнения данных на основе многообзорного накопления данных систем наблюдения, которая позволяет выполнять этапы обработки данных автоматизировано в разной последовательности в реальном времени. Синтезирована оптимальная структура обработки данных в синхронной сети систем наблюдения на уровне выявления трасс ВО. Показано, что критерии выявления для разных схем и логик обработки разные, что позволяет подбирать наилучшую схему для оптимизации выявления трасс ВО.

Разработан метод объединения информации из разных источников по одноименному ВО на этапе фильтрации траектории ВО при вторичной обработке данных за счет перехода к четырехмерной оценке вектора местоположения ВО, что позволяет повысить качество обработки данных в системах контроля воздушного пространства.

Предложена информационная технология обработки данных в системе контроля воздушного пространства, которая основана на уточненной модели с многообзорным накоплением и методе объединения информации разных систем наблюдения по одноименному ВО.

Разработаны рекомендации по выбору варианта обработки данных на основе сравнительного анализа качества централизованной вторичной обработки данных вторичных систем наблюдения. Показано, что наилучшим вариантом централизованной обработки данных вторичных систем наблюдения является тот, в котором последовательно осуществляются операции выявления трассы ВО по одиночному сигналу самолётного ответчика. По этим результатам осуществляется выявление сигналов вторичной системы наблюдения и, на последнем шаге, осуществляется выявление ВО. Выигрыш этого варианта оценивается в увеличении в 1,7 раза качества выявления трассы ВО по сравнению с вариантом, который реализуется в современных вторичных системах наблюдения.

Ключевые слова: информационная технология, информационная система, автоматическая обработка данных, информационное обеспечение, система контроля, воздушное пространство, системы наблюдения, информационная модель.

Zavolodko G.E. Methods and models of improving the quality of data processing in the airspace control system. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 – information technologies. – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2017.

Thesis is devoted to theoretical generalization and the new decision of actual scientific and technical problem of improving the quality of data processing in the airspace control system. This problem is solved by developing methods and models enhance the quality of data processing based on the network structure of building surveillance systems with a centralized data processing. The model is proposed and the structure of data processing is synthesized when implementing a centralized data processing of the signals and primary and secondary stages of data processing. It has been shown that such data structures allow a joint optimization of both the detection and coordinate measuring air targets, as well as to merge data from different monitoring systems at the second stage of data processing.

Keywords: information technology, information system, automated data processing, information provision, control system, air space, surveillance system, information model.



Підписано до друку 09.02.2017 р. Формат 60х84/16.
Папір офсетн. Друк – різнографічний. Умовн. друк. арк. 0,9
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Замовлення №

Надруковано у СПДФО Ізрайлев Є.М.
Свідоцтво № 04058841 Ф0050331 від 21.03.2001 р.
61024, м. Харків, вул. Фрунзе, 16
