

УДК 004.045:621.396.96

І.І. Обод, Г.Е. Заволодько

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## СТРУКТУРА ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ СИСТЕМАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті наводяться структура та показники якості інформаційного забезпечення споживачів сполученими системами спостереження повітряного простору. Показано, що інтегральним показником якості інформаційного забезпечення споживачів може бути ймовірність інформаційного забезпечення, яка є складовою ймовірностей виявлення повітряних об'єктів, виміру координат, поєднання інформації всіх каналів сполученої системи спостереження при формуванні формуляру повітряного об'єкту та ймовірністю виявлення істинної траєкторії.

**Ключові слова:** інформаційне забезпечення, системи спостереження, інтегральний показник якості.

### Вступ

#### Постановка проблеми й аналіз літератури.

Підвищення надійності інформаційного забезпечення (ІЗ) користувачів системи контролю повітряного простору (ПП) неможливо без використання інформаційних технологій (ІТ) у процесі отримання, збору, обробки, зберігання й розповсюдження аеронавігаційних даних. При цьому слід зазначити, що історично (при низькій продуктивності ЕОМ та аналоговій обробці інформації у системах спостереження (СС) ІТ використалися починаючи з вторинної обробки інформації (ВОІ) СС ПП, а первинна обробка інформації (ПОІ) здійснювалася у СС. Це призвело до складностей у виборі показників якості ІЗ користувачів, тобто є неможливим єдиний параметр для оптимізації характеристик ПОІ та ВОІ [1]. Реалізація цифрової обробки інформації у СС та підвищення продуктивності ЕОМ дозволили здійснювати обробку інформації СС, починаючи з виходів фазових детекторів.

У цьому разі використання ІТ дозволило підвищити рівень ІЗ, що забезпечило безпеку польотів, підвищення економічності й регулярності польотів цивільної й військової авіації в районі аеродрому, на повітряних трасах та у позатрасовому ПП. ІТ, у цій ситуації, припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки й відображення інформації від різнорідних СС та здійснюють мережеву обробку інформації. Тобто можливо стверджувати, що ІТ дозволили виконувати у СС первинну, вторинну та третинну обробку інформації, що суттєвим чином збільшує надійність та якість ІЗ користувачів. ІЗ системи використання ПП здійснюється СС [1, 2], як правило, сполученими, які включають до свого складу первинну та одну чи дві вторинні (запитальні). Це дає можливість сформулювати повний формуляр повітряного об'єкту (ПО), який видається споживачам інформації сполученою СС.

При цьому слід зазначити, що ведучою є первинна СС, координатна інформація (КІ) ПО котрої і закладається у формуляр ПО.

Обчислення КІ ПО вторинними (запитальними) СС потрібно тільки для поєднання інформації первинних та запитальних СС, що суттєвим чином зменшує ІЗ користувачів.

На теперішній час у відомій літературі відсутня як загальна структура ІЗ користувачів, так і інтегральний показник якості ІЗ користувачів при застосуванні ІТ починаючи з ПОІ СС.

**Мета роботи.** Обґрунтування структури та інтегрального показника якості ІЗ споживачів при широкому застосуванні ІТ при обробці інформації СС повітряного простору.

### Основна частина

Розширення можливостей використання ПП країни для польотів ПО можливо шляхом як підвищення ступеня технічної оснащеності сучасними засобами повітряного й наземного зв'язку, спостереження й автоматизації управління повітряним рухом, що відповідають вимогам глобальної експлуатаційної концепції організації ПП Міжнародної організації цивільної авіації, так і широким використанням ІТ при отриманні, обробці, збереженні та передачі інформації. Дійсно, можливо стверджувати, що використання ІТ, починаючи з обробки відеосигналів та інформації у СС, суттєвим чином розширить можливість ІЗ за рахунок видачі користувачам не тільки кінцевої інформації, а й інформації кожного етапу обробки, що призведе до появи можливості самим користувачам обирати потрібну інформацію потрібних СС та здійснювати подальшу розподілену обробку цієї інформації для підвищення ймовірності виконання задач, покладених на користувача, що розглядаються [3 – 8].

Розглянемо структуру ІЗ користувачів на базі сполученої СС, котра включає первинну, вторинну

та ідентифікаційну СС при виконанні первинної, вторинної та третинної обробки інформації.

Для складання структури ІЗ користувачів стисло розглянемо задачі етапів обробки інформації сполучених СС.

Завданням ПОІ сполучених СС являється формування формуляру ПО, котрий включає:

- поточний вектор стану  $\hat{W}_p$  ПО з відповідною матрицею точності  $\hat{C}_p^{-1}$ ;

- польотну інформацію (PI) при її наявності;
- ознаку «свій-чужий».

Це передбачає, що у кожній СС сполученої СС повинно бути здійснено:

- виявлення та вимірювання параметрів виявлених сигналів;
- виявлення та вимір координат виявлених ПО;
- декодування та обробка ПІ вторинною СС;

- поєднання координатної інформації (КІ) та ПІ у вторинній СС;

- порівняння КІ ПО, отриманих ідентифікаційною і первинною СС, вторинною і первинною СС.

Задачами ВОІ являються:

- виявлення траєкторії ПО;
- супровід траєкторій ПО;
- траєкторні розрахунки у інтересах споживачів інформації.

Задачами ТОІ являються:

- ототожнення відміток від одного ПО, отриманими різними СС;
- формування вимірювань за даними від декількох СС;
- побудова траєкторії за об'єднаними даними.

Все це дозволяє зобразити структуру ІЗ користувачів на базі сполучених СС повітряного простору у вигляді, котрий показаний на рис. 1.

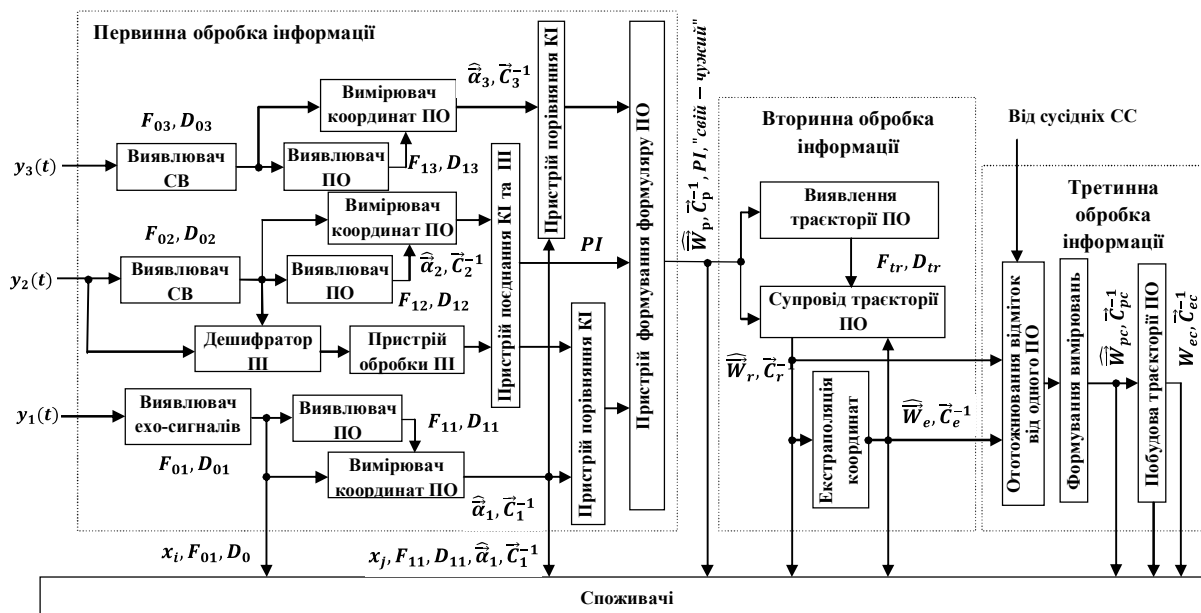


Рис. 1. Структура інформаційного забезпечення користувачів

Структура містить виявлювачі сигналів (сигналів відповіді (СВ), з виходу яких знімається послідовність випадкових нулів і одиниць  $x^i$ . Оптимальний поріг виявлення сигналу вибирається відповідно до обраного критерію. Таким чином, виявлення сигналу здійснюється за необхідними показниками якості, тобто  $F_{0i}, D_{0i}$ .

Послідовність нулів і одиниць з виходу виявлювачів сигналу проходить часову дискретизацію і поступає далі на входи виявлювачів і вимірювачів координат ПО. Завдання виявлювача ПО полягає в тому, щоб на основі аналізу отриманої послідовності нулів і одиниць вирішити оптимальним чином, чи являє собою прийнята вибірка пачку сигналів або вона відноситься до завади.

Для вирішення сформульованого завдання виявлювач ПО має обробляти сигнали, що надходять,

відповідно до деякого алгоритму. Алгоритм виявлення ПО зводиться до перевірки гіпотези  $H_0$  про відсутність ПО проти альтернативної гіпотези  $H_1$  про її наявність, тобто до утворення співвідношення правдоподібності й порівняння цього відношення з якимось наперед заданим числом, яке обирається, виходячи з припустимої ймовірності хибного виявлення. Рішення про виявлення об'єкту з показниками якості  $F_{1i}$  і  $D_{1i}$  надходить на вимірювач координат ПО. Оцінка координат миттєвого положення ПО робиться одночасно з виявленням ПО. Завдання вимірювача координат ПО полягає в тому, щоб на основі аналізу отриманої послідовності нулів і одиниць оцінити оптимальним чином координати ПО. Оптимальний алгоритм вимірювання координат синтезується, як правило, за критерієм максимальної

правдоподібності. Вигляд функції правдоподібності залежить від статистичних характеристик сигналів і завад, форми діаграми спрямованості антенної системи, а також від способу сканування антени СС у процесі вимірювання.

Таким чином, при формуванні сигналу про виявлення ПО з виходу вимірювача координат ПО кожного каналу сполученої СС видається оцінка вектора вимірювання координат  $\hat{\alpha}_i$ , що характеризується кореляційною матрицею похибок  $\hat{N}_i^{-1}$ .

Закінчується ПОІ формуванням формуляру ПО, котрий включає:

$$\hat{W}_p, \hat{C}_p^{-1}, PI, \text{«свій – чужий»}.$$

При цьому слід зазначити, що поточний вектор стану ПО  $\hat{W}_p$  з відповідною матрицею точності  $\hat{C}_p$  складений на основі виміру координат ПО первинною СС.

У результаті проведення ВОІ формується результуючий вектор стану  $\hat{W}_r$ , котрий характеризується результуючою матрицею точності  $\hat{C}_r$ , а також екстрапольований вектор стану  $\hat{W}_e$  з відповідною матрицею точності  $\hat{C}_e$ .

Виконання ТОІ передбачає поєднання інформації від декількох, рознесених на місцевості, СС, що потребує перерахунку координат ПО від різних СС у єдину координатну систему та приведення відміток до єдиного часу екстраполяцією векторів стану до чергового моменту поєднання інформації. У результаті проведення ТОІ здійснюється мережна обробка та формуються відповідні вектори стану з відповідними матрицями точності.

При цьому слід зазначити, що PI та ознака «свій – чужий», отримані на етапі ПОІ, автоматично приєднуються до векторів стану та матриці точності, отриманих на етапах ВОІ та ТОІ.

Інтегральним показником якості ІЗ при використанні ІГ може бути ймовірність ІЗ, котра визначається ймовірністю ІЗ кожного з етапів обробки.

Для ПОІ частковими показниками якості ІЗ можуть бути ймовірності правильного виявлення ПО кожним каналом сполученої СС  $P_i = D_{i1}$ , які є функціями

$$D_{i1} = f(D_{0i}, F_{0i}, C_i, P_0) = f(z_{0i}, z_{0i}, C_i, P_0),$$

де  $z_0(C)$  – аналоговий (цифровий) поріг виявлення сигналу (ПО),  $P_0$  – коефіцієнт готовності відповідача літака, що є характерним для вторинної та ідентифікаційної СС.

При порівнянні та поєднанні інформації, що потрібно для автоматичного складання формуляру ПО, критерієм є якість виміру KI, через ймовірності цих дій до яких належать:

- ймовірність втрат правильної PI;
- ймовірність спотворення PI;
- ймовірність об'єднання KI і PI вторинної СС;
- ймовірність порівняння KI первинної та ідентифікаційної СС;
- ймовірність об'єднання KI і PI у сполученій СС.

Коротко розглянемо названі ймовірності.

При обробці PI схемою за критерієм  $k/m$  є ймовірність втрат правильної польотної інформації у пристрої обробки

$$P_{vtr} = 1 - P_{p,i}^k,$$

де  $P_{p,i}$  – ймовірність видачі PI з виходу запитальної СС у перших  $m$  інформаційних відповідях.

При вживанні у пристрої обробки схем підтвердження PI за критерієм  $k/m$  ймовірність спотворення польотної інформації складе:

$$P_{ick.p,i} = \sum_{i=k}^m C_m^i P_{ick}^i (1 - P_{ick})^{m-i},$$

де  $P_{ick}$  – ймовірність видачі запитальною СС хибної PI.

PI запитальних СС може поступати з деяким запізнюванням відносно KI, т.з. номер дискрети приходу PI.

$$N'_d = N_d + T(KI)/\tau_d,$$

де  $N_d$  – номер дискрети приходу координатної інформації;  $T(KI)$  – запізнювання для запитальної СС, відповідне коду KI;  $\tau_d$  – ціна дискрети дальності.

Практично ймовірність об'єднання координатної і польотної інформації складе:

$$P_{okp} = (1 - P_{vtr.p,i})(1 - P_{ick.p,i})P \left\{ \begin{matrix} + N'_o \\ - N'_o \end{matrix} \right\},$$

де  $P \left\{ \begin{matrix} + N'_o \\ - N'_o \end{matrix} \right\}$  – умовна ймовірність приходу PI у

строї від  $+N'_o$  до  $-N'_o$  відносно KI ПО.

Алгоритм об'єднання інформації в пристрої обробки побудований так, що одиночні відмітки каналів сполученої СС об'єднуються, якщо азимутний кут між центрами пакетів не перевищує  $\Delta\beta$ , а різниця їх дальностей  $\Delta\gamma$ .

За умови, що відхилення центрів пакетів в первинному і вторинному каналах сполученої СС незалежні і підкоряються нормальному розподілу, ймовірність об'єднання пакетів можна визначити з наступного співвідношення

$$P_{oi\ddot{a}} = \frac{1}{4} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{\Delta\beta}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_{\beta_1}^2 + \sigma_{\beta_2}^2}} \right) \right] \left[ 1 + \Phi \left( \frac{\Delta\gamma}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_{\gamma_1}^2 + \sigma_{\gamma_2}^2}} \right) \right],$$

де  $\sigma_{\beta_1}, \sigma_{\beta_2}; (\sigma_{r_1}, \sigma_{r_2})$  – середньоквадратичні відхилення азимутів (дальностей) центрів пакетів первинного та вторинних каналів сполученої СС.

Таким чином, для ПОІ інтегральним показником якості ІЗ користувачів може бути імовірність ІЗ, котра для структури, відображеної на рис. 1, може мати наступний вигляд:

$$P_{inf} = D_{11}D_{12}D_{13}P_{окр}P_{роел}P_{рое2}$$

Ефективність алгоритмів виявлення траєкторії ПО характеризується ймовірністю виявлення істинної траєкторії  $D_{tr}$ , котра у загальному сенсі є складовою ймовірності виявлення ПО первинною СС, що у свою чергу є складовою ймовірності виявлення сигналів. Все це дозволяє визначити показник якості ІЗ на другому етапі у вигляді

$$P_{inf} = D_{tr}D_{12}D_{13}P_{окр}P_{роел}P_{рое2}$$

У подальшому, при проведенні третинної обробки, ППЯ не змінюється.

Таким чином, використання запропонованого ППЯ дозволяє сполучити критерії ефективності обробки як сигналів, так і даних СС на основі порогу виявлення сигналів, тобто величина порогу може бути використана у якості параметру при сумісній оптимізації характеристик первинної, вторинної та третинної обробки [9, 10].

### Висновки

Наведена структура та запропонований інтегральний показник якості ІЗ споживачів дозволяє проводити оптимізацію характеристик етапів обробки інформації СС ПП при широкому застосуванні ІТ та здійснювати розподільчу обробку потрібної інформації окремих СС користувачами.

### Список літератури

1. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации / А. Фарина, Ф. Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 319 с.

2. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / [Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А. та ін.] – К.: МОУ, 2004. – 342 с.

3. Обод И.И. Повышение качества идентификации воздушных объектов в единой информационной сети систем наблюдения / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системы управления, навигации та зв'язку: Збірник наукових праць. – К.: ДП «ЦНДІ НіУ», 2008. – Вип. 1(5). – С. 135-137.

4. Обод И.И. Єдине координатно-часове забезпечення як основа розв'язування протиріч інформаційної мережі систем спостереження / И.И. Обод, Г.Е. Заволодько, М.Ю. Охрименко // Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск „Информатика и моделирование”. – Х.: НТУ „ХПИ”, 2008. – Вип. 24. – С. 120-123.

5. Патент № 31507 «Спосіб інформаційного забезпечення керування польотами авіації» / Обод И.И., Охрименко М.Ю.

6. Патент № 49924 «Спосіб розподіленої обробки інформації в мережі систем спостереження» / Обод И.И., Заволодько Г. Е., Охрименко М.Ю.

7. Патент № 50595 «Спосіб мережної обробки інформації» / Обод И.И., Заволодько Г. Е., Охрименко М.Ю.

8. Патент № 51281 «Спосіб розподіленої обробки інформації» / Обод И.И., Заволодько Г. Е., Охрименко М.Ю.

9. Обод И.И. Обнаружение траекторий воздушных объектов по данным запросных систем наблюдения единой информационной сети / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Вестник НТУ «ХПИ»: Сборник научных трудов. Тематический выпуск „Информатика и моделирование”. – Х.: НТУ „ХПИ”, 2009. – Вип. 13. – С. 104-108.

10. Обод И.И. Синтез квазиоптимального обнаружителя трасс воздушных объектов запросными системами наблюдений единой информационной сети / И.И. Обод, А.Э. Заволодько // Системы обробки інформації: Збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 2(76). – С. 72-74.

Надійшла до редколегії 23.09.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, доцент Г.В. Єрмаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### СТРУКТУРА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СИСТЕМАМИ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

И.И. Обод, А.Э. Заволодько

В статье приводится структура и показатели качества информационного обеспечения потребителей совместными системами наблюдения воздушного пространства. Показано, что интегральным показателем качества информационного обеспечения потребителей может быть вероятность информационного обеспечения, которая является составляющей вероятностей обнаружения, измерения и объединения информации всех каналов совместной системы наблюдения при формировании формуляра воздушного объекта.

**Ключевые слова:** информационное обеспечение, системы наблюдения, интегральный показатель качества.

### STRUCTURE AND INDEXES OF THE INFORMATIVE PROVIDING QUALITY OF USERS BY THE SYSTEMS OF SUPERVISION OF AIR SPACE

I.I. Obod, A.E. Zavolodko

The structure and indexes of the informative providing quality of users the systems of air space supervision are brought in the article. It is retined that the integral index of the informative providing quality of users can be probability of the informative providing, which is making probabilities of discovery, measuring and association all ducting's of information of the supervision system at forming of formulary of air object.

**Keywords:** informative providing, supervision systems, integral index of quality.