

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРИСТУВАЧІВ СПОЛУЧЕНИМИ СИСТЕМАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Вступ

Розвиток національної мережі повітряних сполучень потребує підвищення надійності інформаційного забезпечення (ІЗ) користувачів системи контролю повітряного простору. Це неможливо без використання інформаційних технологій (ІТ) у процесі отримання, збору, обробки, зберігання й розповсюдження аеронавігаційних даних. Використання ІТ дозволить підвищити рівень інформаційного забезпечення, що забезпечить безпеку польотів, підвищення економічності й регулярності польотів цивільної авіації в районі аеродрому, на повітряних трасах та у позатрасовому повітряному просторі. ІТ у цій ситуації припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки й відображення інформації від різномірних систем спостереження. ІЗ системи використання повітряного простору здійснюється системами спостереження (СС) [1, 2], як правило, сполученими, які вміщують у своєму складі первинну та одну чи дві вторинні (запитальні). Формуляр повітряного об'єкту (ПО), який видається споживачам інформації сполученою СС, крім усього, повинен включати:

- просторові координати ПО;
- додаткову польотну інформацію (ПІ) ПО;
- інформацію про ідентифікацію ПО за ознакою державної приналежності.

Відмітимо, що ведучою є первинна СС, координатна інформація (КІ) якої і закладається у формуляр ПО. Обчислення КІ ПО вторинними (запитальними) потрібно тільки для поєднання інформації первинних та запитальних СС, що суттєво зменшує інформаційні можливості запитальних СС.

Автоматичне обчислення КІ ПО всіма каналами обробки сумісної СС, обробка ПІ та формування формуляра ПО здійснюються апаратурою первинної обробки інформації (АПОІ). Це зумовлено існуючим обладнанням СС.

На теперішній час у літературі відсутні загальна структура ІЗ користувачів і інтегральний показник якості ІЗ СС.

Мета роботи

Провести обґрунтування структури та інтегрального показника якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю використання повітряного простору.

Основна частина

Досвід провідних країн світу свідчить, що в них уже досить тривалий строк існують національні єдині системи контролю використання повітряного простору. Однією з складових такої системи є об'єднана СС повітряного простору. Якість роботи такої системи здебільшого залежить від надійності ІЗ. Основою роботи такої системи є якість та достовірність інформації, що видається споживачам. Ця інформація важлива для споживачів, тому необхідно ввести якісні критерії оцінки достовірності роботи системи. Розширити можливості використання повітряного простору країни для польотів ПО можна шляхом підвищення як ступеня технічної оснащеності сучасними засобами повітряного й наземного зв'язку, спостереження й автоматизації управління повітряним рухом, що відповідають вимогам глобальної експлуатаційної концепції організації повітряного руху Міжнародної організації цивільної авіації, так і широким використанням ІТ при отриманні, обробці, збереженні та передачі інформації. Дійсно, можна стверджувати, що обробка відеосигналів та інформації у СС має здійснюватися на спеціалізованих обчислювальних засобах, що обумовлює входження АПОІ до складу первинної СС, яка повинна виконувати ще і вторинну обробку інформації.

Розглянемо структуру ІЗ користувачів на базі первинної обробки інформації сполученою СС, яка включає первинну і вторинну СС. Для складання формуляру ПО у кожній СС повинно бути здійснено: виявлення та вимірювання параметрів виявлених сигналів; виявлення та вимір координат виявлених ПО. Крім того, вторинною СС має бути прийнята та оброблена ПІ. Також структура повинна мати пристрої порівняння та поєднання інформації.

Структура ІЗ користувачів показана на рис. 1.

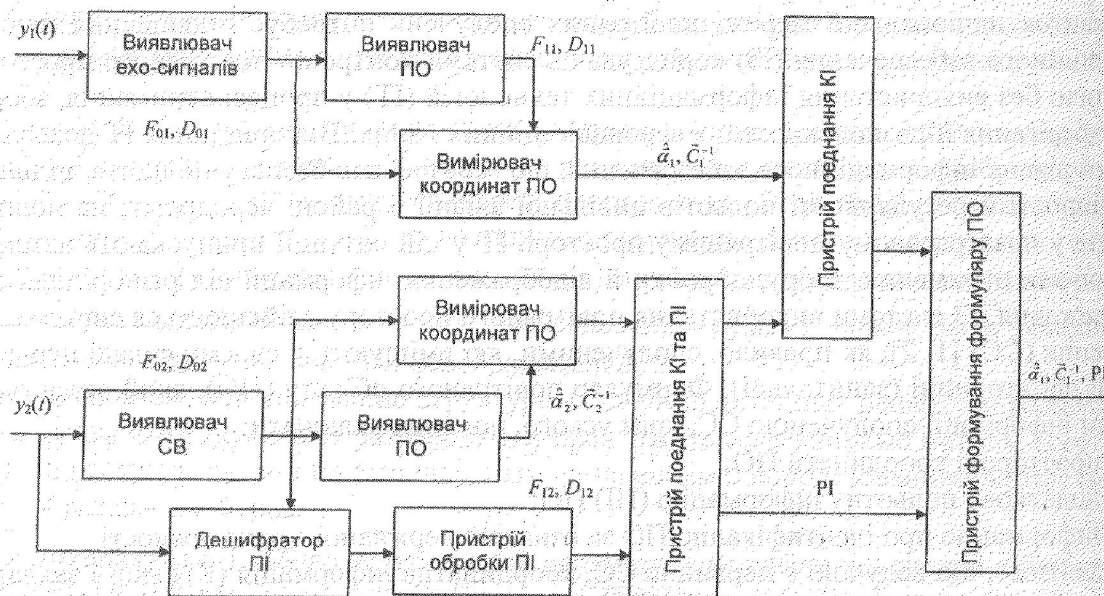


Рис. 1. Структура інформаційного забезпечення користувачів

Структура містить виявлювач одиничних сигналів, з виходу якого знімається послідовність випадкових нулів і одиниць. Оптимальний поріг виявлення сигналу вибирається відповідно до обраного критерію. Таким чином, виявлення сигналу здійснюється за необхідними показниками якості, тобто F_{0i} , D_{0i} . Оскільки в розглянутому випадку сигнал квантується на два рівні (двійкове квантування), тим самим можна проводити безпосередній синтез алгоритмів і вирішальних правил для обробки цифрових двійково-квантованих сигналів.

Послідовність нулів і одиниць з виходу виявлювача сигналу проходить часову дискретизацію і поступає далі на входи виявлювача і вимірювача 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 наперед заданим числом, яке обирається, виходячи з припустимої імовірності 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.

Для вирішення сформульованого завдання вимірювач координат ПО також має обробляти сигнали, що надходять, відповідно до деякого алгоритму. 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 $\hat{\alpha}$, що характеризується кореляційною матрицею похибок $\bar{C}^{-1}$.

Виходячи з сказаного при ІЗ частковими показниками якості будуть імовірності правильного виявлення ПО кожним каналом об'єднаної СС.

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

- імовірність дроблення пакету;
- імовірність втрат правильної ПІ;
- імовірність спотворення ПІ;
- імовірність об'єднання КІ і ПІ запитальних СС;
- імовірність об'єднання КІ і ПІ у сполученій СС.

Коротко розглянемо названі імовірності.

Розрізняють дроблення пакету по азимуту і дальності. Дроблення пакету по азимуту відбувається за відсутності більш ніж k до імпульсів на m позиціях в пакеті, при якому відбувається або роздвоєння ПО, або погіршність у визначенні азимуту ПО складає більше $R\sigma_p$, де σ_p – середньоквадратична погіршність визначення азимуту ПО.

Дроблення пакету по дальності відбувається за наявності пакету імпульсів в двох або більш за дискретах дальності. Унаслідок дроблення пакету на виході пристрою обробки можлива поява двох ПО за одним пакетом або видача КІ із значними похибками.

При вживанні в АПОІ схем підтвердження польотної інформації по критерію $\frac{k}{m}$ імовірність втрат правильної польотної інформації у пристрої обробки

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

де $P_{p,i}$ – імовірність видачі ПІ з виходу запитальної СС у перших k інформаційних відповідях.

При використанні у пристрої обробки схем підтвердження ПІ за критерієм $\frac{k}{m}$ імовірність спотворення польотної інформації:

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

де P_{ick} – імовірність видачі запитальною СС хибної ПІ.

ПІ запитальних СС може поступати з деяким запізнюванням відносно КІ, так званий номер дискрети приходу ПІ:

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

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

Імовірність об'єднання координатної і польотної інформації

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

де $P\left\{ \begin{matrix} +N'_o \\ -N'_o \end{matrix} \right\}$ – умовна імовірність приходу ПІ у стробі від $+N'_o$ до $-N'_o$ відносно КІ 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 Δr .

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

$$P_{rob} = \frac{1}{4} \left[1 + \Phi \left(\frac{\Delta\beta}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_{\beta 1}^2 + \sigma_{\beta 2}^2}} \right) \right] \left[1 + \Phi \left(\frac{\Delta r}{\sqrt{2} \sqrt{\sigma_{r 1}^2 + \sigma_{r 2}^2}} \right) \right],$$

де $\sigma_{\beta 1}^2$, $\sigma_{\beta 2}^2$, $\sigma_{r 1}^2$, $\sigma_{r 2}^2$ – середньоквадратичні відхилення азимутів (дальностей) центрів пакетів первинного та вторинного каналів сполученої СС.

Виходячи з наведеного інтегральним показником якості ІЗ користувачів може бути імовірність інформаційного забезпечення, яка для структури на рис. 1 може мати вид:

$$P_{inf} = D_{11} D_{12} (1 - P_{ldr1}) (1 - P_{ldr2}) P_{okp} P_{poel}$$

Розрахунки імовірності інформаційного забезпечення користувачів сполученою СС при виявленні та вимірі координат ПО на основі аналізу усієї пачки отриманих сигналів наведені на рис. 2–3.

На рис. 2 наведено вплив відношення c/z (q) на якість ІЗ при різних коефіцієнтах готовності (КГ) (P_0) літакових відповідачів (ЛВ) запитальної СС.

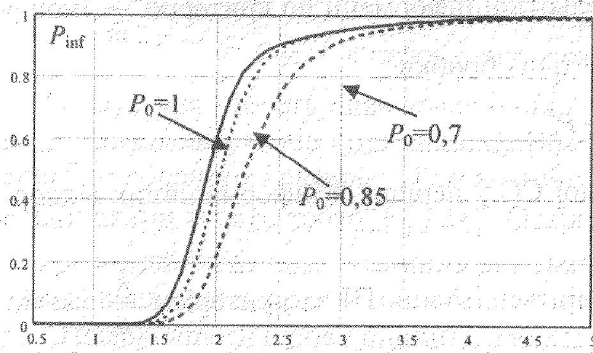


Рис. 2. Залежність $P_{inf} = f(q, P_0)$

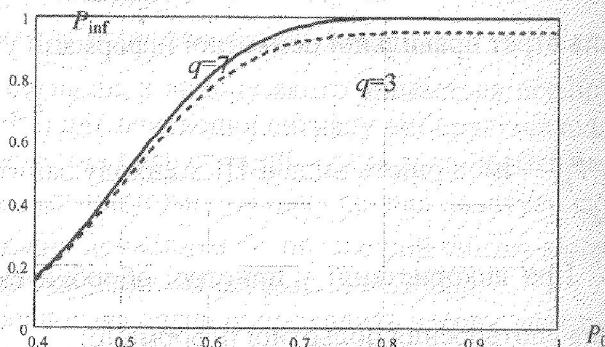


Рис. 3. Залежність $P_{inf} = f(q, P_0)$

На рис. 3 показано вплив КГ ЛВ на якість ІЗ користувачів при фіксованому відношенні c/z .

Висновки

Наведено структуру ІЗ користувачів. На основі наведеної структури проведено розрахунки ІЗ користувачів сполученою СС. Показано значний вплив КГ ЛВ запитальних СС на інтегральний показник якості ІЗ, який може управлятися зацікавленою стороною за рахунок постановки корельованих завдань, що дуже небезпечно.

Список літератури: 1. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / В.В.Ткачев, Ю.Г.Даник, С.А. Жуков, І.І.Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 342 с. 2. Агаджанов П.А., Воробьев В.Г., Кузнецов А.А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением. – М.: Транспорт, 1980. – 342 с. 3. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

Харківський національний
університет радіоелектроніки

Надійшла до редколегії 12.03.2011