

УДК 004.045

А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СИНТЕЗ ТА АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті наводиться синтез та аналіз інформаційної структури обробки даних на етапі первинної обробки даних. Показано, що реалізація централізованої обробки сигнальних рішень та первинної обробки даних дозволяє здійснити сумісну оптимізацію обробки даних та підвищити показники якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю повітряного простору.

Ключові слова: синтез структури обробки даних, первинна обробка даних систем спостереження

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 даних (ВОД) СС ПП, а первинна обробка даних (ПОД) здійснювалася у СС. Це виключало проведення сумісної оптимізації обробки даних [1]. Реалізація цифрової обробки інформації у СС та підвищення продуктивності ЕОМ дозволили здійснювати обробку інформації СС починаючи з виходів фазових детекторів. ІТ, у цій ситуації, припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки й відображення інформації від різнорідних СС та здійснюють мережеву обробку інформації.

У [3] наведено структуру ІТ обробки даних СС повітряного простору як загальну структуру ІЗ користувачів при застосуванні ІТ починаючи з ПОІ СС. Використання ІТ з етапу ПОД відкривають нові можливості побудови структур обробки даних СС.

Мета роботи. Синтез та аналіз інформаційної структури обробки даних СС повітряного простору.

Основна частина

Єдина інформаційна мережа СС [2] розширює можливості в реалізації різних видів централізованої обробки даних в порівнянні з існуючим угрупованням інформаційних засобів. Централізована обробка даних, при цьому, дозволяє здійснити сумісну оптимізацію обробки даних СС за рахунок можливості управління порогом прийняття рішення при виявленні сигнальних даних.

Перехід до синхронних мереж СС істотно розширює можливості централізованих систем об-

робки даних. Дійсно, обробка даних може здійснюватися:

- на рівні даних про виявлення сигналів СС;
- на рівні прийнятих рішень про виявлення повітряних об'єктів (ПО).

Проведемо синтез і аналіз структур інформаційного забезпечення користувачів при розглянутих варіантах обробки даних. При цьому будемо вважати, що мається R СС, котрі здійснюють синхронний огляд простору, що допускає можливість узгодити одночасне надходження інформації за однойменними елементами дозволу, як за часом так і за простором.

В кожній з СС $r = (\overline{1, R})$, що розглядаються, прийняті сигнали після оптимальної лінійної обробки та детектування порівнюються в пороговому пристрою (ППр) з порогом. Після ППр на подальшу обробку надходять рішення $x_i = 1$, коли у елементі часового дозволу $i = (\overline{1, M})$, відповідно до просторового розділення, що аналізується, відбулося перевищення порога; коли ж не відбулося - то $x_i = 0$. Таким чином, з СС споживачеві надається сукупність рішень x_i , з потрібними показниками якості виявлення.

У такій постановці питання виявлення ПО спостерігач має в своєму розпорядженні R матрицю реалізацій $\vec{X} = \|x_{rij}\|$ де $x_{rij} = 1$, якщо в елементі часового дозволу $r = (\overline{1, R})$, $i = (\overline{1, M})$, $j = (\overline{1, N})$, відповідному аналізованому просторовому дозволу, відбулося перевищення порога; якщо ж не відбулося - $x_{rij} = 0$, N - кількість рішень за ПО, що розглядається. Для ухвалення рішення про виявлення ПО при сумісній обробці на рівні рішень піддається сукупність нулів і одиниць x_{rij} . Очевидно, що x_{rij} - випадкова величина, що підкоряється розподілу Бернуллі:

$$P(x_{rij}) = P_{rij}^{x_{rij}} (1 - P_{rij})^{1-x_{rij}},$$

де P_{rij} – ймовірність перевищення порогу в i -м часовому каналі обробки. У відсутність сигналу $P_{rij} = F_{rij}$ – ймовірність хибної тривоги, а при дії сигналу $P_{rij} = D_{rij}$ – ймовірність виявлення сигналу в СС.

Припустимо, що на вхід пристрою сумісної обробки усього масиву рішень, що приймаються, постує сукупність наведених вище випадкових величин. Сумісні розподіли ймовірності всіх можливих комбінацій x_{rij} як у відсутності, так і за наявності сигналу (гіпотези H_0 і H_1), тобто $P(x_{rij}|H_0)$ і $P(x_{rij}|H_1)$ довільні, але відомі. Для кожної конкретної сукупності x_{rij} сформуємо відношення правдоподібності:

$$\Lambda = P(x_{rij}|H_1)/P(x_{rij}|H_0). \quad (1)$$

Порівняння Λ з порогом, визначеним за допустимою ймовірністю хибної тривоги, забезпечує оптимальне за критерієм Неймана-Пірсона рішення про наявність або відсутність сигналу x_{rij} .

Через незалежність шумів в каналах часової обробки можливо записати:

$$\begin{aligned} P(x_{rij}|H_0) &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} P(x_{rij}|H_0) = \\ &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} F_{rij}^{x_{rij}} (1 - F_{rij})^{1-x_{rij}}. \end{aligned} \quad (2)$$

При дії сигналу перевищення порогів в каналах обробки – незалежні події. Тоді (2) можна записати:

$$\begin{aligned} P(x_{rij}|H_1) &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} P(x_{rij}|H_1) = \\ &= \prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} D_{rij}^{x_{rij}} (1 - D_{rij})^{1-x_{rij}}. \end{aligned} \quad (3)$$

З урахуванням (2) і (3) вираз (1) можна записати як

$$\Lambda = \frac{\prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} D_{rij}^{x_{rij}} (1 - D_{rij})^{1-x_{rij}}}{\prod_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} F_{rij}^{x_{rij}} (1 - F_{rij})^{1-x_{rij}}}. \quad (4)$$

Логарифмуючи (4), отримуємо:

$$\begin{aligned} L = \ln \Lambda &= \sum_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} x_{rij} (\ln D_{rij} - \ln F_{rij}) + \\ &+ (1 - x_{rij}) [(1 - \ln D_{rij}) - (1 - \ln F_{rij})]. \end{aligned}$$

Якщо позначити множники x_{rij} :

$$\begin{aligned} Q_{rij} &= \ln D_{rij} - \ln F_{rij} - \ln(1 - D_{rij}) + \ln(1 - F_{rij}) = \\ &= \ln \left(\frac{D_{rij}(1 - F_{rij})}{(1 - D_{rij})F_{rij}} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

і відкинути доданки, що не залежать від x_{rij} , то отримуємо оптимальний, за критерієм Неймана-Пірсона, алгоритм виявлення ПО при об'єднанні попередніх рішень всіх часових каналів обробки:

$$L = \sum_{r=1, i=1, j=1}^{R, M, N} Q_{rij} x_{rij} \stackrel{\leq}{>} z_0, \quad (6)$$

де z_0 – поріг, що визначається ймовірністю F (хибного виявлення ПО).

Отже, сумісна обробка даних зводиться до вагового підсумовування одиниць і нулів x_{rij} , що відображають прийняті в часових каналах обробки попередні рішення. Вагові коефіцієнти (5) підвищують роль того часового каналу обробки, де вище ймовірність D_{rij} і нижче ймовірність F_{rij} . Вищевикладене дозволяє зобразити структуру виявлювача у вигляді, наданому на рис. 1.

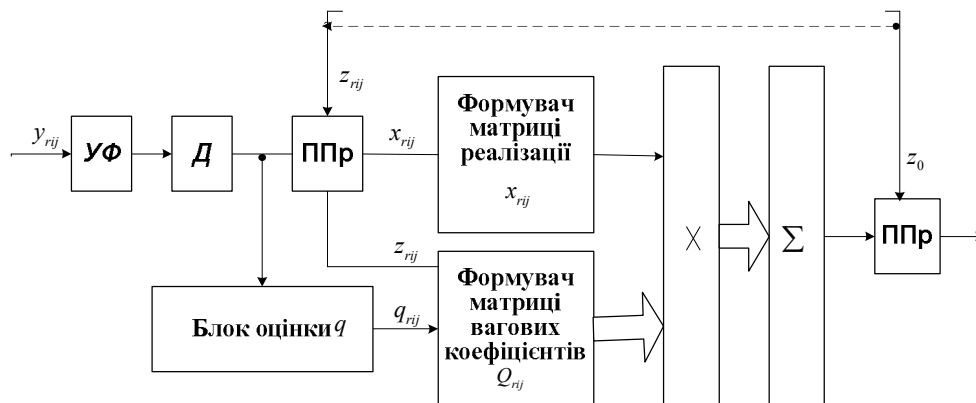


Рис. 1. Структура оптимального виявлювача ПО

Формувач матриці реалізації x_{rij} представляє собою пам'ять, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N$ біт інформації. Наявність тільки цього формувача дозволяє реалізувати квазі-оптимальний, тобто без врахування вагових коефіцієнтів, виявлювач ПО з сумісною оптимізацією виявлення. Крім всього це дозволяє реалізувати схеми з різною послідовністю процедури виявлення ПО.

Формувач матриці вагових коефіцієнтів Q_{rij} представляє собою пам'ять, що постійно оновлюється, загальною ємністю $R \times M \times N \times Q$ біт інформації, де Q – розрядність вагових коефіцієнтів.

Таким чином, оптимізація виявлення ПО за даними СС зводиться до вибору одного з вирішальних правил, що задовольняють алгоритму (6) і до вибору відносного порогу виявлення сигналів, що забезпе-

чеє таке значення F_{rij} , яке при вибраному вирішаль-
ному правилі дають необхідне значення резуль-
туючої ймовірності хибного виявлення ПО F .

На рис.2, 3 наведені дослідження якості оброб-
ки даних синтезованою інформаційною структурою.
При централізованій обробці сигнальних рішень та
ПОД з'являється можливість реалізації двох схем
обробки:

- поєднання сигнальних рішень та накопичення
даних (I варіант);
- накопичення даних та поєднання рішень про
виявлення ПО (II варіант).

Результати розрахунків якості обробки наведе-
на на рис. 2 для двох СС та рис. 3 для трьох СС.

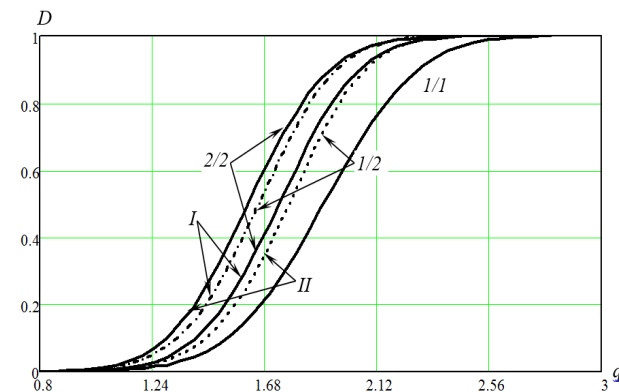


Рис. 2. Якість обробки даних за двома СС

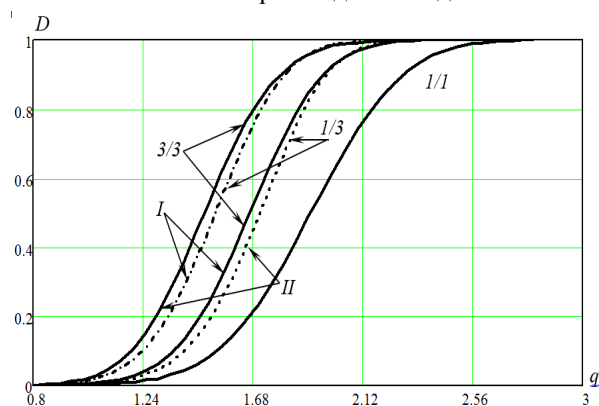


Рис. 3. Якість обробки даних за трьома СС

На рис. 2 та 3 криві 1/1 наведені для існуючої
ІТ обробки даних. Порівняльний аналіз рис. 2 та 3
дозволяє зробити такі висновки:

- при збільшенні числа поєднаних СС до
трьох якості інформаційного забезпечення корис-
тувачів системи контролю повітряного простору по-
ліпшується, як у порівнянні з відомою структурою
обробки даних, так і при використанні тільки двох
СС;
- кращі показники мають місце при викорис-
танні методу обробки даних який використовує на
першому етапі накопичення даних та поєднанні
рішень про виявлення ПО на другому етапі.

Висновки

Отримані показники якості інформаційного за-
безпечення користувачів системи контролю пові-
тряного простору показали доцільність використання
сумісної обробки даних СС ПП при широкому за-
стосуванні ІТ на етапах обробки сигнальних рішень
та первинної обробки даних. Синтезована інфор-
маційна структура сумісної обробки сигнальних рі-
шень та ПОД дозволила як оптимізувати процес так
і підвищити якість виявлення ПО.

Список літератури

1. Фарина А. Цифровая обработка радиолокацион-
ной информации / А.Фарина, Ф.Студер. – М.: Радио и
связь, 1993. – 319 с.
2. Комплексне інформаційне забезпечення систем
управління польотами авіації та протиповітряної оборо-
ни / [Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А. і др.] – К.: МОУ,
2004. – 342 с.
3. Свид І.В. Інформаційні технології обробки даних
систем спостереження / І.В.Свид, А.І.Обод // Системи
управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць. -
Вип. 4(40). – Полтава: -2016. - С. 91-93.

Надійшла до редколегії 23.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національ-
ний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», Харків.

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.И. Обод

В статье приводится синтез и анализ информационной структуры обработки данных на этапе первичной обра-
ботки данных. Показано, что реализация централизованной обработки сигнальных решений и первичной обработки
данных позволяет осуществить совместную оптимизацию обработки данных и повысить показатели качества ин-
формационного обеспечения пользователей системы контроля воздушного пространства.

Ключевые слова: синтез структуры обработки данных, первичная обработка данных систем наблюдения.

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF INFORMATION DATA PROCESSING STRUCTURE SYSTEMS OF OBSERVING AIR SPACE

A.I. Obod

The article provides synthesis and analysis of information structure of data processing at the stage of primary data processing. It
is shown that the implementation of centralized processing of signal solutions and primary data processing allows for joint
optimization of data processing and improving the quality of information provision for users of the airspace control system.

Keywords: synthesis of data processing structure, primary processing of surveillance systems data.