

УДК 621.391.26

О.І. Давлет'янци, д.т.н.

**МОДИФІКАЦІЯ РАНГОВОГО АЛГОРИТМУ ВИЯВЛЕННЯ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ**Національний авіаційний університет, e-mail: Davletyants@list.ru

Запропоновано модифікацію рангового алгоритму виявлення сигналів, при схемній реалізації якої істотно знижується обсяг апаратурних витрат. Розглянуто питання управління значенням ймовірності помилкової тривоги.

Ключові слова: сигнал, завада, помилкова тривога, непараметричний алгоритм, ранг, ефективність.

Вступ

Однією з основних вимог до алгоритмів виявлення радіолокаційних сигналів є вимога стабільності ймовірності помилкової тривоги F . Для стабілізації ймовірності F в умовах впливу завад з невідомими характеристиками можуть бути використані методи автоматичного регулювання порога рішення V . Оцінка значення порога V є функцією ймовірності порівняно рідкісних подій. При обмеженому часі формування оцінки порога її дисперсія зростає, що істотно знижує ефективність алгоритму виявлення.

Вимога стабільності ймовірності помилкової тривоги порівняно просто реалізується в непараметричних алгоритмах виявлення, до числа яких відноситься ранговий алгоритм. Ефективність непараметричних алгоритмів трохи поступається ефективності оптимальних параметричних алгоритмів при повній апріорній інформації про завади, але за відсутності такої інформації параметричні алгоритми різко знижують свої показники, у той час як непараметричні зберігають свою якість на колишньому рівні. Аналіз ефективності різних непараметричних алгоритмів обробки наводиться в роботах [1, 2].

Ранговий алгоритм обробки сигналів і його модифікація

Розглянемо ранговий непараметричний алгоритм виявлення радіолокаційних сигналів і можливі шляхи зниження апаратурних витрат при його реалізації.

Ранговий алгоритм виявлення заснований на використанні при прийнятті рішення про наявність (або відсутність) сигналу не самих вибірових відліків, а їх рангів.

Ранг «сигнального» відліку щодо m «шумових» в i -тому радіолокаційному такті визначається співвідношенням

$$R_i^{(m)} = \sum_{j=1}^m 1(x_{ci} - x_{ji}), \quad (1)$$

де $1(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0, \\ 0, & t < 0 \end{cases}$ - функція одиничного стрибка;

x_{ci} - вибіровий відлік в i -тому елементі дальності (умовно «сигнальний відлік»);

x_{ji} - вибірові відліки сусідніх щодо «сигнального» елементів дальності ($j = \overline{1, m}$), що називаються «шумовими».

Операцію прийняття рішення можна виконати на підставі порівняння деякої функції рангів з порогом виявлення V при заданому обсязі вибірки n . Такою функцією може служити сума рангів при n зондуваннях. Порівняно просто реалізується алгоритм виявлення, що використовує статистику виду

$$Z^{(n,m)} = \sum_{i=1}^n 1(R_i^{(m)} - l), \quad (2)$$

де l - постійна величина ($l \leq m$).

Вираз (2) являє собою суму бінарно-квантованих рангів при порозі квантування рівному l . При $l = m$, $Z^{(n,m)}$ дорівнює кількості вибірових «сигнальних» відліків x_{ci} , що перевищили всі примикаючі до них m «шумових» відліків x_{ji} .

Статистика $Z^{(n,m)}$ залежить як від числа шумових відліків m так і від об'єму вибірки n .

Враховуючи операцію квантування рангів у виразі (2), алгоритм виявлення, що припускає підсумовування квантованих рангів будемо надалі називати бінарно-ранговим.

Функціональна схема пристрою, що реалізує описаний алгоритм виявлення наведена на рис.1.

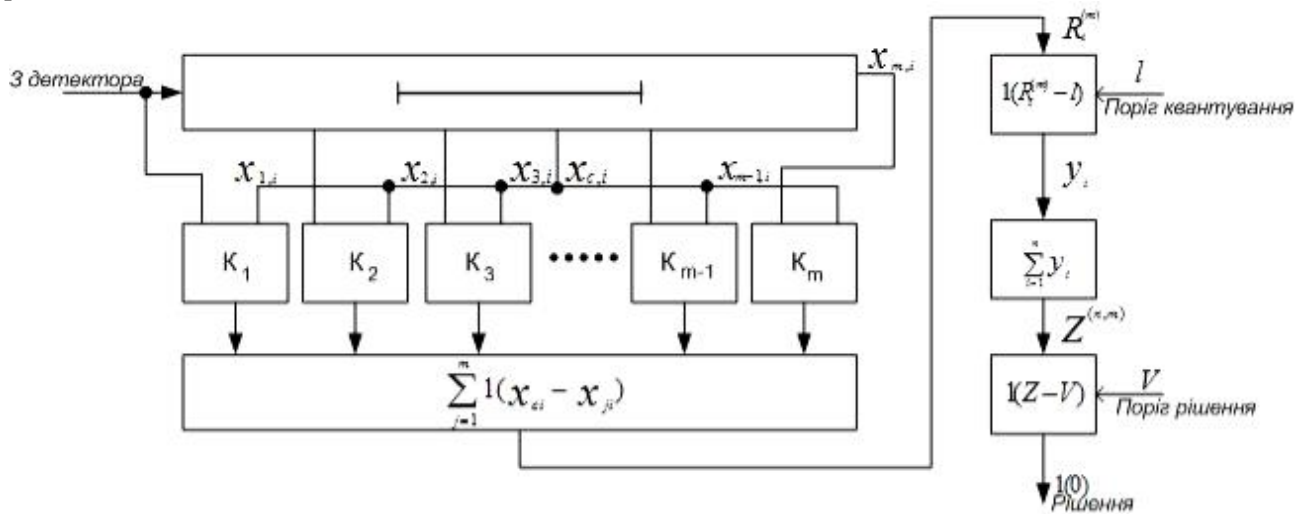


Рис. 1. Функціональна схема бінарно-рангового пристрою виявлення

Процес з виходу детектора надходить на лінію затримки з відводами. Середній відвід умовно вважається «сигнальним», інші відводи - «шумові». Відлік x_{ci} «сигнального» відводу лінії затримки порівнюється з усіма відліками x_{ji} «шумових» відводів. Операція порівняння здійснюється компараторами K_1, \dots, K_m , на виході яких маємо «1», якщо $x_{ci} \geq x_{ji}$ або «0» при $x_{ci} < x_{ji}$. Одиничні сигнали виходів компараторів підсумовуються. Значення суми визначає собою ранг $R_i^{(m)}$ «сигнального» відліку.

Якщо $R_i^{(m)}$ перевищує значення порога квантування l , то формується значення $y_i = 1$, в іншому випадку – 0. Після підсумування y_i по вибірці об'ємом n ($z = \sum_{i=1}^n y_i$) проводиться порівняння суми z з порогом рішення V . При $z \geq V$ на виході детектора формується сигнал "1" (виявлення), в іншому випадку «0». Необхідне значення F може встановлюватися відповідним вибором значень порога квантування l та порогу рішення V .

Модифікація рангового алгоритму виявлення радіолокаційних сигналів

У наведеній на рис. 1 схемі передбачається, що відліки в сусідніх відводах лінії затримки незалежні. Положення «сигнального» відліку щодо m «шумових» не має значення при впливі стаціонарних шумів і завад. У реальних умовах умова стаціонарності не виконується. Можна лише вказати інтервал квазістаціонарності. «Сигнальний» відлік при цьому бажано формувати з середнього відводу лінії затримки припускаючи, що «шумові» відліки ліворуч і праворуч від «сигнального» відліку при співвідношенні сигнал/шум рівному нулю за своїми статистичними характеристиками близькі до «сигнального».

Задана ймовірність помилкової тривоги визначається як порогом квантування l , так і значенням порога рішення V . Причому, ефективність виявлення сигналу при різних комбінаціях l і V різна. Крім того аналіз алгоритму в умовах впливу стаціонарного шуму показує, що при збільшенні числа «шумових» відліків втрати в пороговому сигналі знижуються. Проте, в реальних умовах інтервал стаціонарності радіолокаційного процесу може виявитися малим і збільшення кількості «шумових» відліків може призвести до втрати ефективності виявлення. Дана обставина визначає обмеження на кількість використовуваних «шумових» відліків.

При малому числі шумових відліків виникає складність у забезпеченні необхідної величини ймовірності перевищення вхідними відліками порога квантування, що забезпечує задану вірогідність помилкової тривоги і досить високу ефективність виявлення. Ця складність усувається за допомогою включення в ланцюг «сигнального» відводу лінії затримки атенюатора, регулюванням коефіцієнта передачі якого, може бути вибраний оптимальний

режим роботи пристрою. Алгоритм обробки при цьому залишається ранговим, але суворо непараметричним вже називатися не може, хоча і володіє близькими до нього властивостями. Функціональна схема модифікованого блоку ранжирування наведена на рис. 2.

Накопичення бінарно-квантованих рангів менш ефективно, ніж накопичення самих рангів. З метою забезпечення високої ефективності при мінімумі апаратних витрат підсумовуванню можуть піддаватися ранги (1) після представлення їх в дворозрядному коді (чотирирівневе квантування). Лінія затримки блоку ранжирування може бути укорочена вдвічі. Алгоритм обробки при цьому еквівалентний алгоритму, що використовує повну лінію затримки. При половинній лінії затримки сигнал з входу лінії затримки порівнюється з відліком подальших відводів, а сигнал з виходу лінії затримки з відліком попередніх відводів лінії. Результати першого та другого порівняння після їх тимчасового узгодження в сумі дають ту ж інформацію, що та схема з повною лінією затримки. У цифровому варіанті в якості основної лінії затримки використовується багаторозрядний зсувний регістр. Після компараторів $K_1, \dots, K_{m/2}$ затримки здійснюються однорозрядними зсувними регістрами. За допомогою атенуаторів $At.1$ і $At.2$ можна керувати значеннями ймовірності помилкової тривоги F .

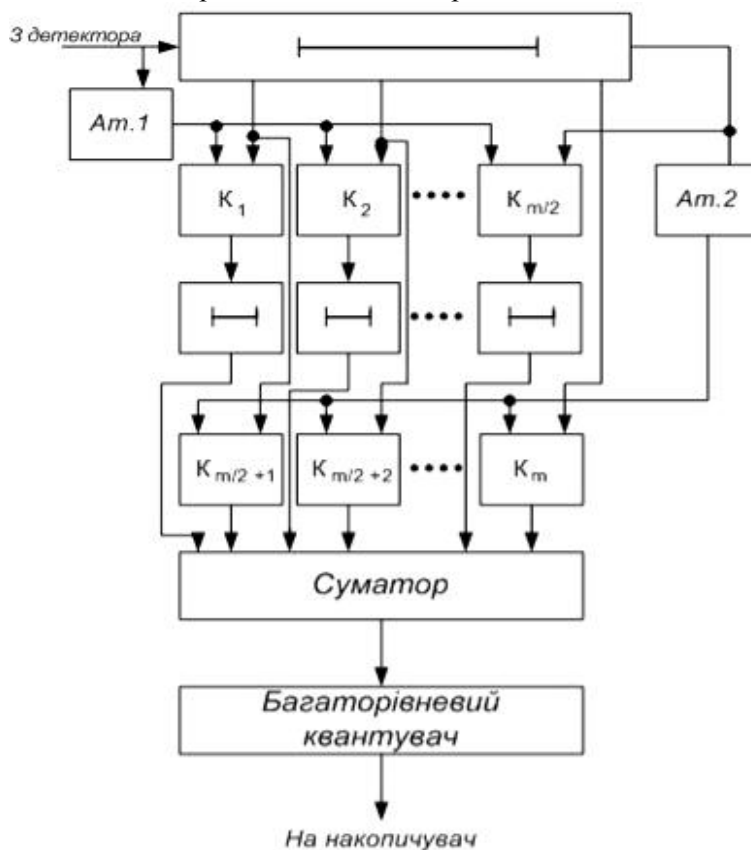


Рис. 2. Функціональна схема модифікованого блоку ранжирування.

Висновки

При одиничному значенні коефіцієнта передачі атенуаторів модифікована схема пристрою еквівалентна реалізації класичного алгоритму. Як показують результати статистичного моделювання при малих обсягах вибірки, наявність атенуаторів в модифікованому пристрої дозволяє поліпшити характеристики виявлення сигналу. Імовірність помилкової тривоги при цьому не залежить від інтенсивності завади, проте, при зміні виду щільності розподілу завади порушуються властивості непараметричності.

Список літературних джерел

1. Гаек. Я., Шидак З. Теория ранговых критериев/ Пер. с англ. под ред. Л.Н. Большева – М.: Наука, 1971. – 375с.
2. Корнильев Э.А. и др. Устойчивые алгоритмы в автоматизированных системах обработки информации/ Э.А. Корнильев, И.Г. Прокопенко, В.М. Чуприн. – К.: Техника, 1989. – 224с.