

УДК 681.5.03.033

С.І. Клівець, О.В. Коломійцев, О.О. Сосунов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ПІДСИСТЕМИ АВТОСУПРОВОДЖЕННЯ ЗА ДАЛЬНІСТЮ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ РЛС З ФАЗОВАНОЮ АНТЕННОЮ РЕШІТКОЮ ДВОМА МОДЕЛЯМИ

Запропоновано використовувати уточнену модель для оцінки одного з показників якості – пропускної спроможності підсистеми автосупроводження за дальністю багатоканальною РЛС з фазованою антенною решіткою. Оцінки показника, що розраховані на підставі уточненої моделі, зіставлені з результатами, що отримані за допомогою вихідної моделі.

Ключові слова: автосупроводження за дальністю, пропускна спроможність.

Вступ

Постановка проблеми. Багатоканальні РЛС з фазованими антенними решітками (БК РЛС з ФАР) є складними технічними пристроями, що вирішують різноманітні завдання по пошуку, супроводженню, оцінюванню координат повітряних об'єктів (ПО). В даний час такі РЛС широко використовуються в комплексах радіолокації завдяки ряду своїх безперечних переваг, зокрема багатоканальності за рахунок часового розділення каналів. У БК РЛС з ФАР при супроводженні визначеного ПО послідовні моменти вимірювання його координат розділяються інтервалами часу тривалістю T .

У режимі супроводження одним з показників якості функціонування БК РЛС з ФАР може бути прийнята пропускна спроможність. У роботах [1, 2] управління тривалістю інтервалу часу між радіоконтактами використовується для оптимізації вказаного показника якості. У таких БК РЛС з ФАР, як правило, використовуються системи роздільного автосупроводження [3]. При використанні квазінеперервного сигналу це системи автосупроводження за кутовими координатами, дальністю і радіальною швидкістю. При цьому, незважаючи на роздільний характер супроводження, функціонування слідкуючих систем залежить один від одного. Параметри кожної з вищезгаданих слідкуючих систем автосупроводження впливають на пропускну спроможність (один з показників якості) БК РЛС з ФАР. Дослідження такого впливу дозволить визначити найбільш критичну систему автосупроводження, вдосконалення якої забезпечить найбільший приріст показника якості, або (при зворотній постановці задачі) сформулювати вимоги до характеристик слідкуючих систем.

У роботі [4] дослідження проведене для системи автосупроводження за дальністю, причому результати отримані при допущенні про незалежність середнього часу пошуку і захоплення $\bar{t}_{пз}$ повітряного об'єкту від кількості вільних каналів супроводження, що не відповідає дійсності. Тому потрібна відповідна перевірка обґрунтованості такого допущення для системи автосупроводження за дальністю

на основі уточненої моделі [5], в якій враховується залежність величини $\bar{t}_{пз}$ від кількості вільних каналів супроводження.

Метою даної статті є порівняльна оцінка потенційної пропускної спроможності БК РЛС з ФАР для підсистеми автосупроводження за дальністю за допомогою двох моделей – вихідної моделі, яка не враховує залежність середнього часу пошуку і захоплення $\bar{t}_{пз}$ повітряного об'єкту від кількості вільних каналів супроводження, і уточненої моделі [5], в якій такий облік відбувається. Дослідження буде проведено при різних відношеннях сигнал/шум q на основі постановки задачі оптимізації, викладеної в [2], з використанням еквівалентних статистичних характеристик часового дискримінатора з роботи [6] і з порівнянням з результатами роботи [4].

Виклад основного матеріалу

Базовою (вихідною) моделлю задачі оптимізації є двофазна модель масового обслуговування з використанням еквівалентних статистичних характеристик часового дискримінатора, що описана в роботах [2, 4, 7]. При використанні таких характеристик в роботі [6] запропонований показник якості радіотехнічної слідкуючої системи – ймовірність стійкого супроводження p_n .

Цій показник є ймовірність знаходження помилки супроводження ПО к наступному радіоконтакту в межах апертури еквівалентної характеристики дискримінатора. Показник p_n за відсутності систематичної помилки є функцією тривалості інтервалу часу T між радіоконтактами і відношення сигнал/шум q і неявним чином входить у функціонал пропускної спроможності R [2].

За допомогою вказаного показника можна оцінити тільки потенційну (максимально досяжну) пропускну спроможність.

У роботі [2] проведений короткий аналіз можливих шляхів рішення задачі оптимізації і показано, що рішення цієї задачі в загальному випадку пов'язане з великими труднощами.

Найпростіший випадок відповідає показовим законам розподілу випадкових величин – інтервалів часу між видачею цілевказівок, пошуку і захвату, супроводження і до зриву супроводження.

В цьому випадку двофазна модель масового обслуговування є Марківською з дискретним простором станів. По графові переходів між станами легко виписується система диференціальних рівнянь для ймовірності станів S_{ij} , де i – кількість повітряних об'єктів (цілей) на етапі пошуку і захвату, j – кількість повітряних об'єктів (цілей) на етапі супроводження. Показник R може бути розрахований через фінальні ймовірності станів і рішення задачі може бути отримано аналітично [4, 7, 8].

Скористаємося цією моделлю як вихідною (існуючою) і в даній статті.

Крім цього, необхідно отримати залежності показника r_n від тривалості інтервалу часу T між радіоконтактами для різних відношень сигнал/шум, що є самостійним достатньо складним завданням, що вимагає проведення об'ємного статистичного дослідження.

Однак, для конкретного часового дискримінатора вказана робота вже виконана. Для ймовірності стійкого супроводження r_n використовуватимемо результати роботи [6], в якій приведені залежності показника r_n від тривалості інтервалу часу T між радіоконтактами для декількох відношень сигнал/шум q , що отримані при використанні еквівалентних статистичних характеристик часового дискримінатора.

В уточненій моделі за наявності цілей на етапі супроводження кількість каналних інтервалів, які виділяються для пошуку і захвату цілі, зменшується пропорційно кількості цілей на етапі обстрілу. Тому інтенсивність пошуку і захвату $\mu_{1j} = 1/\bar{t}_{пз}$. ПО можна оцінити за формулою [5]:

$$\mu_{1j} = \mu_{10} (1 - j/k), \quad 0 < j < k,$$

де k – кількість каналів супроводження;

j – кількість ПО на етапі супроводження.

Для отримання чисельних оцінок і зіставності результатів даної статті і роботи [4] приймемо вихідні дані, як і в роботі [4]: середня тривалість інтервалів часу між цілевказівками $\bar{t}_{цв} = 20$ с, середня тривалість інтервалів часу пошуку і захвату $\bar{t}_{пз} = 1/\mu_{10} = 10$ с, середня тривалість інтервалів часу супроводження $\bar{t}_{соп} = 40$ с, середня тривалість інтервалів часу до зриву супроводження:

$$\bar{t}_{зр} = 0,017k / (1 - r_n(0,017k)),$$

де k – кількість каналів супроводження (другої фази), для відношень сигнал/шум $q = 2, 3, 5$.

Результати розрахунків приведені на рис. 1.

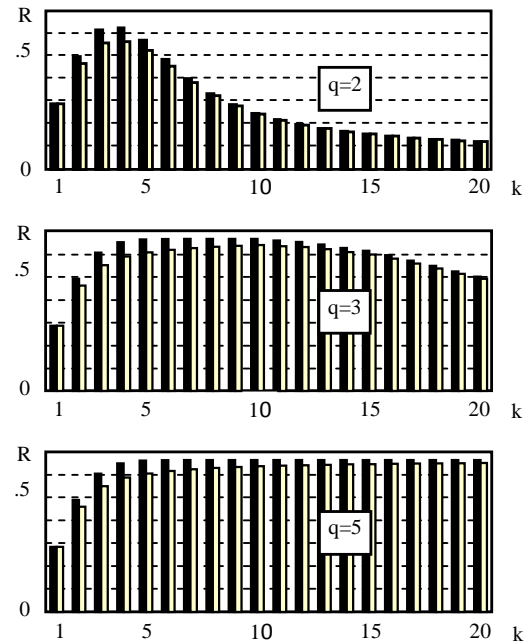


Рис. 1. – залежність пропускної спроможності k від кількості каналів k для декількох відношень сигнал/шум q :

■ – вихідна модель; □ – уточнена модель

Висновки

1. Максимум пропускної спроможності БК РЛС з ФАР при вказаних вище вихідних даних істотно залежить від кількості каналів супроводження k по дальності тільки для відношення сигнал/шум $q=2$ незалежно від використовуваної моделі.

2. Для відношень сигнал/шум $q \geq 3$ максимум пропускної спроможності R слабо залежить від кількості каналів супроводження k по дальності незалежно від використовуваної моделі.

3. Значення показника пропускної спроможності R , що розраховані за допомогою існуючої і уточненої моделі, відрізняються не більше ніж на 10%, причому максимуми досягаються при однаковій кількості каналів супроводження k для відношення сигнал/шум $q=2$ і при різній кількості каналів супроводження k для відношень сигнал/шум $q \geq 3$.

4. Система автосупроводження за дальністю забезпечує максимум пропускної спроможності для відношень сигнал/шум $q \geq 3$ при кількості каналів супроводження $k \geq 5$ при використанні вихідної моделі, а з врахуванням висновку 2, і при використанні уточненої моделі.

Таким чином, оптимальна кількість каналів супроводження за дальністю, при якій забезпечується максимум пропускної спроможності R , фактично не залежить від того, яка модель використовується – вихідна або уточнена.

Тому простішу вихідну модель доцільно використовувати для оптимізації системи за пропускною спроможністю, а уточнену модель – для задач, де важливе абсолютне (не екстремальне) значення показника R .

Список літератури

1. Самойленко В.И., Шишов Ю.А. Управление фазированными антенными решетками. – М.: Радио и связь, 1983. – 240 с.

2. Ковальчук А.А., Парфенов Ю.Э., Сосунов А.А., Хисматулин В.Ш. Постановка задачи оптимизации пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой путем управления длительностью интервала времени между радиоконтактами // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 1. – С. 76-83.

3. Максимов М.В., Меркулов В.И. Радиоэлектронные следящие системы. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.

4. Ковальчук А.А., Сачук И.И., Сосунов А.А. Оценка потенциальной пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой для подсистемы автосопровождения по дальности // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 2. – С. 48-52.

5. Васильев В.А., Сачук И.И., Сосунов О.О. Уточнена модель для обґрунтування вимог до показника якості ра-

діотехнічної слідкуючої системи зенітного ракетного комплексу // Системи озброєння і військової техніки. – 2008. – Вип. 2(14). – С. 28-30.

6. Хисматулин В.Ш., Сачук И.И., Ковальчук А.А. Оценка вероятности надежного сопровождения аэродинамических целей многоканальной радиолокационной станцией // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: НАКУ "ХАИ", 2001. – Вып. 22. – С. 259-262.

7. Кулинич И.А., Парфенов Ю.Э., Сосунов А.А. Модель для обоснования требований к показателю качества радиотехнической следящей системы // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2003. – Вип. 5. – С. 145-150.

8. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с.

Надійшла в редколегію 6.10.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПОДСИСТЕМЫ АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ПО ДАЛЬНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РЛС С ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКОЙ ДВУМЯ МОДЕЛЯМИ

С.И. Клевещ, А.В. Коломийцев, А.А. Сосунов

Предложено использовать уточненную модель для оценки одного из показателей качества – пропускной способности подсистемы автосопровождения по дальности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой. Рассчитанные на основе уточненной модели оценки показателя сопоставлены с результатами, полученными с помощью исходной модели.

Ключевые слова: автосопровождение по дальности, пропускная способность.

THE RANGE TRACKING SUBSYSTEM QUALITY PARAMETER COMPARATIVE ESTIMATION OF MULTICHANNEL PHASE-ARRAY RADAR BY TWO MODELS

S.I. Klivets, A.V. Kolomytsev, A.A. Sosunov

It is suggested to use the improved model for the estimation of one of quality parameters – the range tracking subsystem throughput of multichannel phase-array radar. The estimations of parameter obtained on the basis of the improved model are compared with results got by an initial model.

Keywords: range tracking, throughput.