

УДК 621.396.96

ЛЮТИКОВ И.В., ЗАМАРАЕВ В.В., КУЧИН А.А.,
ФОМИН А.Н., БОГОМОЛОВ Н.П., КОПЫЛОВ В.А.

I.V. Lyutikov, V.V. Zamaraev, A.A. Kuchin,
A.N. Fomin, N.P. Bogomolov, V.A. Kopilov

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ, ОТРАЖЁННЫХ ОТ ИНТЕНСИВНО МАНЕВРИРУЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРОВСКОЙ БОРТОВОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

THE INTENSIVE MANEUVERABLE AIR TARGETS REFLECTED SIGNALS DETECTION
ALGORITHM FOR PULSE-DOPPLER ONBOARD RADAR

Аннотация – В статье проведен синтез алгоритма обнаружения интенсивно маневрирующих воздушных целей для импульсно-доплеровской бортовой радиолокационной станции в интересах увеличения условной вероятности правильного обнаружения.

Ключевые слова: алгоритм обнаружения, интенсивно маневрирующая, импульсно-доплеровская, бортовая радиолокационная станция.

Annotation – The article concerns synthesis of the intensive maneuverable air targets reflected signals detection algorithm for pulse-doppler onboard radar to increase the correct detection conditional probability.

Keywords: detection algorithm, intensive maneuverable, pulse-doppler, onboard radar.

Как известно, для многофункционального истребителя задача по обнаружению воздушных целей (ВЦ), в том числе интенсивно маневрирующих является первичной и весомо влияющей на исход предстоящего воздушного боя [1]. Некоторые существующие однопозиционные импульсно-доплеровские бортовые радиолокационные станции (ИД БРЛС) обладают рядом недостатков, обусловленных следующими особенностями решения ими задачи обнаружения. Использование нескольких $n = 1, 2, \dots, N$ частот повторения зондирующих импульсов $F_{\Pi}^{(n)}$ с целью устранения, так называемых «слепых» зон, обусловленных бланкированием приемника на время излучения и для однозначного измерения дальности до ВЦ [2, 3], реализует согласованную обработку принимаемой пачки импульсов и принятие решения о её наличии или отсутствии за время каждого интервала её накопления (когерентного и (или) не-

когерентного). Объединение информации о результатах обработки сигналов за интервалы накопления на нескольких частотах повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ при этом не производится. Это приводит к нерациональному расходу энергетического ресурса станции, к потере потенциальной возможности использования результатов обработки сигналов за всё время облучения цели (все интервалы накопления на различных частотах повторения). Из работы [4] известно, для устранения указанных недостатков в теории синтезированы алгоритмы обнаружения ВЦ для ИД БРЛС отличающиеся от существующих использованием многоканальной корреляционно-фильтровой обработки с частой во время-частотной области сеткой, учитывающей априорную неопределенность по трем параметрам (частоте Доплера, времени задержки и длительности принимаемых импульсов), а также некогерентной обработки на основе метода отношения правдоподобия за несколько частот повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ зондирующих импульсов. Однако данные алгоритмы не позволяют эффективно обнаруживать ВЦ, осуществляющие интенсивное маневрирование в условиях, при которых резко проявляются ракурсные зависимости как радиальной, так и тангенциальной составляющих вектора скорости ВЦ (при выполнении фигур высшего пилотажа, «зависания» её в воздухе, выполнения противоракетного манёвра, движения по касательной), особенно на малых дальностях.

По мере сближения истребителя с ВЦ, на которую он не наводится и находящейся на дальности R , тангенциальная составляющая скорости v_{τ} растёт и соответственно увеличивается частотная девиация df/dt принимаемого на фиксированной длине волны λ отраженного сигнала от ВЦ.

$$\frac{df}{dt} = \frac{v_{\tau}^2}{R\lambda} \quad (1)$$

Это обстоятельство потребует увеличения размерности параметрического пространства и её учёт при создании дополнительной многоканальности путем введения в алгоритм обнаружения линейки ЛЧМ-фильтров, тем самым устраняя априорную неопределенность девиации частоты принимаемого сигнала и увеличивая тем самым степень согласованности его обработки. Этот сигнальный признак может быть использован в алгоритмах сопровождения и наведения для оценки угловой скорости линии визирования (по координатной информации измерений частотной девиации).

В [5-11] представлены различные варианты построения обнаружителей сигналов, отражённых от маневрирующих воздушных целей, показаны их недостатки и достоинства.

Учитывая указанные недостатки существующих однопозиционных ИД БРЛС по обнаружению интенсивно маневрирующих целей предлагается аналогично [4] использовать

многоканальную корреляционно-фильтровую обработку с частой время-частотной сеткой, но учитывающей априорную неопределенность уже по четырем параметрам (частоте Доплера, девиации частоты, времени задержки, длительности принимаемых импульсов), а также некогерентную обработку на основе метода отношения правдоподобия за несколько частот повторения $F_{\Pi}^{(n)}$ зондирующих импульсов (т.е. за всё время облучения цели, используя при этом результаты наблюдений за время предыдущих интервалов накопления). Решить данную задачу позволит разрабатываемый алгоритм.

Цель работы – описание синтеза алгоритма обнаружения интенсивно маневрирующих воздушных целей для ИД БРЛС устраняющего априорную неопределенность по времени задержки, длительности, частоте Доплера, девиации частоты принимаемого сигнала.

Синтез алгоритма осуществлен в следующей последовательности:

1. Определение максимального значения отношения правдоподобия по информации с выходов частотно-временных каналов ИД БРЛС, вычисление решающей статистики $l_{\text{фк}}^{(N)}(Z_{\text{фк}}^{(N)})$;
2. Получение закона распределения решающей статистики $f(Z_{\text{фк}}^{(N)})$;
3. Определение критической области критерия отношения правдоподобия по распределению решающей статистики $f(Z_{\text{фк}}^{(N)})$ путем нахождения значения порога $V_{\text{лт}}^{(N)}$, обеспечивающего заданную условную вероятность ошибки первого рода – условную вероятность ложной тревоги $P_{\text{лт}}$.

Как известно [12], под обнаружением понимается процесс принятия решения о наличии или отсутствии цели в разрешаемом объеме за время наблюдения с требуемым качеством. Отраженный от интенсивно маневрирующей ВЦ квазинепрерывный сигнал на входе приемника ИД БРЛС в режиме высокой частоты повторения (ВЧП) представляет собой многомерную величину в пространстве своих параметров: угол места ε , азимут β , наблюдаемое время задержки $t_{\text{з.н}}^{(n)}$ в пределах одного n -ого периода однозначного измерения дальности, длительность принимаемых импульсов $\tau_{\text{и}}^{(n)}$, частота Доплера $F_{\text{д}}$, девиация частоты $\Delta f_{\text{д}}(\mu)$ и, таким образом, на фиксированном за время наблюдения азимутально-угломестном положении главного луча диаграммы направленности (ДН) ФАР является пачкой из $M^{(n)}$ линейно-частотно модулированных импульсов с параметром $\mu = 2\pi\Delta f_{\text{д}} / \tau_{\text{и}}^{(n)}$, длительность $\tau_{\text{и}}^{(n)}$ которых на n -ой частоте $F_{\Pi}^{(n)}$ повторения представляет собой кусочно-заданную функцию от наблюдаемого времени задержки $\tau_{\text{и}}^{(n)}(t_{\text{з.н}}^{(n)})$ (2).

$$\tau_u^{(n)} = \begin{cases} 0, t_{3n}^{(n)} = 0 \text{ или } t_{3n}^{(n)} = T^{(n)} \\ 0, 0 < t_{3n}^{(n)} \leq \tau_{\text{бл}}^{(n)} \\ t_{3n}^{(n)} - \tau_{\text{бл}}^{(n)}, \tau_{\text{бл}}^{(n)} - \tau_u^{(n)} < t_{3n}^{(n)} \leq \tau_{\text{бл}}^{(n)} + \tau_u^{(n)} \\ T^{(n)} - t_{3n}^{(n)}, \tau_{\text{бл}}^{(n)} < t_{3n}^{(n)} < T^{(n)} \end{cases} \quad (2)$$

Ввиду отсутствия априорной информации о местоположении и скорости ВЦ объективно существует неопределенность этих параметров. Для устранения неопределенности ожидаемых параметров принимаемого сигнала и тем самым увеличения степени согласованности его обработки, предлагается в обнаружителе ИД БРЛС «нарезать» сетку по этой области пространства с заданными шагами по каждому из параметров: $\Delta\varepsilon, \Delta\beta, \Delta T_s, \Delta F_d, \Delta\tau_u^{(n)}, \Delta f_d$. Таким образом, устройство, реализующее согласованную обработку сигнала должно быть многоканальным по каждому из его параметров.

При определении правила принятия решения об обнаружении используем схему обнаружителя для ИД БРЛС, изображенную на рисунке 1.

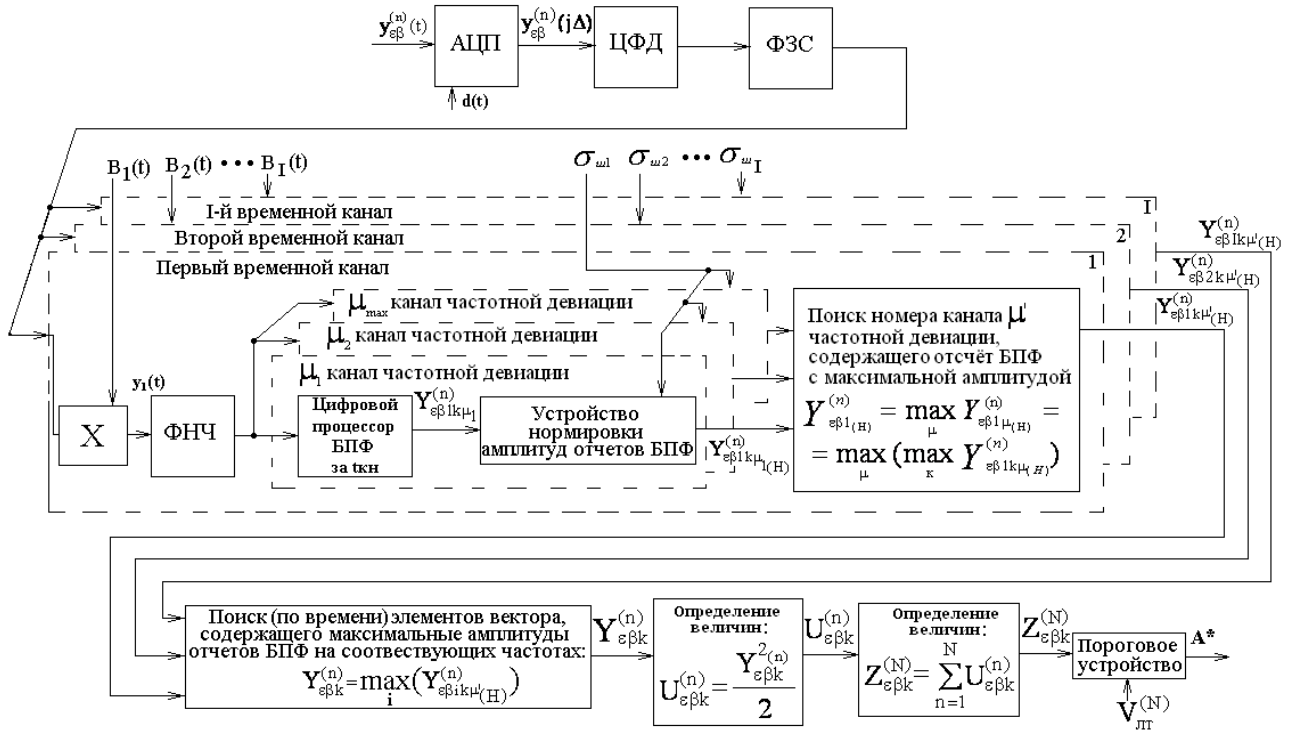


Рисунок 1 - Схема обнаружителя для ИД БРЛС

На фиксированной угломестной ε и азимутальной β позиции главного луча приемной диаграммы направленности (ДН) фазированной антенной решетки (ФАР) на каждом n -м

Пусть в каждом разрешаемом объеме $\{\varepsilon, \beta, i, k, \mu\}$ на каждом n -м интервале когерентного накопления за время $t_{\text{кн}}^{(n)}$ амплитуды $Y_{\varepsilon\beta ik\mu}^{(n)}$ компонентов БПФ на выходе цифрового процессора БПФ в i -ом канале дальности в μ -ом канале частотной девиации на K -ой частоте на фиксированной угломестной ε и азимутальной β позиции распределены по закону Рэлея - Райса и имеют плотность распределения:

$$p(Y_{\varepsilon\beta ik\mu}^{(n)}) = \frac{Y_{\varepsilon\beta ik\mu}^{(n)}}{\sigma_{\varepsilon\beta ik\mu}^2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_{\varepsilon\beta ik\mu}^2} \left(Y_{\varepsilon\beta ik\mu}^{2(n)} + \alpha_{\varepsilon\beta ik\mu}^2\right)\right] I_0\left(\frac{\alpha_{\varepsilon\beta ik\mu} Y_{\varepsilon\beta ik\mu}^{(n)}}{\sigma_{\varepsilon\beta ik\mu}^2}\right). \quad (3)$$

В каждом разрешаемом объеме $\{\varepsilon, \beta, i, k, \mu\}$ ИД БРЛС на каждом n -м интервале когерентного накопления необходимо проверить гипотезу $H_0: \alpha_{\varepsilon\beta k\mu} = 0$ против альтернативы $H_1: \alpha_{\varepsilon\beta k\mu} \neq 0$. Используем для этого метод отношения правдоподобия (ОП) (МОП) [13]. Учитывая, что безусловный максимум по параметру $\alpha_{\varepsilon\beta k\mu}$ функции правдоподобия случайных величин $Y_{\varepsilon\beta k\mu}^{(n)}$ - амплитуд компонентов БПФ после операций: 1) нормирования по шумам; 2) операции поиска номера μ' канала частотной девиации, содержащего компонент БПФ с максимальной (по параметру девиации μ и частотному k) амплитудой $Y_{\varepsilon\beta 1(\mu)}^{(n)} = \max_{\mu} Y_{\varepsilon\beta 1(\mu)}^{(n)} = \max_{\mu} (\max_k Y_{\varepsilon\beta 1k(\mu)}^{(n)})$; 3) операции поиска (по времени) элементов вектора, содержащего максимальные амплитуды компонентов БПФ на соответствующих частотах по правилу $Y_{\varepsilon\beta k}^{(n)} = \max_i Y_{\varepsilon\beta ik\mu'(\text{н})}^{(n)}$, после превышения $Y_{\varepsilon\beta k}^{(n)}$ некоторого значения монотонно убывает незначительно, то знаменатель ОП в каждом разрешаемом объеме за время нескольких N -интервалов когерентного накопления можно заменить константой и окончательно ОП запишется так:

$$I_{\varepsilon\beta k}^{(N)} = \frac{\prod_{n=1}^N p(Y_{\varepsilon\beta k}^{(n)} | \alpha_{\varepsilon\beta k} = 0)}{\prod_{n=1}^N \max_{\alpha_{\varepsilon\beta k}} p(Y_{\varepsilon\beta k}^{(n)} | \alpha_{\varepsilon\beta k} \neq 0)} = \frac{\prod_{n=1}^N p(Y_{\varepsilon\beta k}^{(n)} | \alpha_{\varepsilon\beta k} = 0)}{C^N}. \quad (4)$$

После проведения некоторых преобразований с заменой переменной и прологарифмировав ОП, имеем:

$$\ln(I_{\varepsilon\beta k}^{(N)}) = -Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)} - N \ln(C), \quad (5)$$

где $Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)} = \sum_{n=1}^N U_{\varepsilon\beta k}^{(n)} = 0.5 \sum_{n=1}^N Y_{\varepsilon\beta k}^{2(n)}$.

По известным правилам теории вероятности [14] найдем плотность распределения СВ $Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)}$ за N - интервалов когерентного накопления:

$$f(Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)}) = f\left(\sum_{n=1}^N U_{\varepsilon\beta k}^{(n)}\right) = f\left(\sum_{n=1}^N \frac{Y_{\varepsilon\beta k}^{2(n)}}{2}\right) = \frac{Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)^{N-1}}}{(N-1)!} e^{-Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)}}. \quad (6)$$

Значение порога $V_{лт}^{(N)}$, обеспечивающего заданный уровень вероятности ложной тревоги $P_{лт}$, определяется из формулы:

$$P_{лт} = \int_{V_{лт}}^{+\infty} f(Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)}) dZ_{\varepsilon\beta k}^{(N)} = e^{-V_{лт}} \left(\frac{1}{(N-1)!} V_{лт}^{N-1} + \frac{1}{(N-2)!} V_{лт}^{N-2} + \dots + \frac{1}{2!} V_{лт}^2 + V_{лт} + 1 \right). \quad (7)$$

При $P_{лт} = 10^{-6}$ и значении $N = 4$ порог $V_{лт}^{(4)} = 21.3505$.

Таким образом, теперь выборочное пространство W случайной величины $Z_{\varepsilon\beta k}^{(4)}$ разделено соответствующим порогом $V_{лт}^{(4)}$ на две области: 1) Ω - критическая область; 2) $W - \Omega$ - область принятия. Если наблюдаемая выборочная точка $Z_{\varepsilon\beta k}^{(4)} \geq V_{лт}^{(4)}$, то она попадает в область Ω и гипотеза, мы проверяли H_0 , отвергается; если же $Z_{\varepsilon\beta k}^{(4)} < V_{лт}^{(4)}$, то она попадает в область $W - \Omega$ и гипотеза H_0 принимается.

Решающая функция A^* для разработанного алгоритма имеет вид:

$$A^* = \begin{cases} 0, \text{при } Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)} < V_{лт}^{(N)} \\ 1, \text{при } Z_{\varepsilon\beta k}^{(N)} \geq V_{лт}^{(N)} \end{cases}. \quad (8)$$

Выводы

Таким образом, синтезирован алгоритм обнаружения интенсивно маневрирующих ВЦ для ИД БРЛС на основе метода отношения правдоподобия за несколько N интервалов когерентного накопления, устраняющего априорную неопределенность по времени задержки, длительности импульсов, частоте Доплера и девиации частоты. Предполагается, что применение разработанного алгоритма приведет к существенному увеличению условной вероятности правильного обнаружения интенсивно маневрирующих ВЦ, что в дальнейшем требует подтверждения результатами имитационного моделирования с использованием метода Монте-Карло.

Литература

1. Канащенков А.И. и др. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения. – М.:ИПРЖР, 2002.
2. Многофункциональные радиолокационные системы: учеб. пособие для вузов / П. И. Дудник, А. Р. Ильчук, Б. Г. Татарский; под ред. Татарского. – М.: Дрофа, 2007. –283, [5] с. : ил. – (Высшее образование. Радиотехнические системы).
3. Черных М.М., Богданов А.В., Буров А.С. и др. Анализ информационных свойств когерентных радиолокационных сигналов//Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер «Приборостроение», 1999 г., №4. 16 -26 с.
4. Лютиков, И. В. Алгоритм обнаружения воздушных целей на основе совместного отношения правдоподобия для двухпозиционного авиационного радиолокационного комплекса / Лютиков И.В., Замараев В.В // Радиотехника (журнал в журнале), №10 – г. Москва, 2008.
5. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей. - М. : Радио и связь, 1993. 320 с.
6. Логвинов М. А., Буров А. С., Барцевич С. Н. Алгоритм сопровождения маневрирующих целей с учетом данных первичной обработки сигнала // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование», 2012 г., №1.
7. Ильчук А.Р., Жуков М.Н., Ладыгин В.А. Обнаружитель сигналов маневрирующих воздушных целей в бортовых РЛС с использованием дискриминаторов // Радиотехника 2010 г., №7.
8. Ильчук А.Р., Меркулов В.И., Самарин О.Ф., Юрчик И.А. Влияние интенсивного маневрирования целей на показатели эффективности системы первичной обработки сигналов в бортовых РЛС // Радиотехника. 2003. № 6.
9. Ильчук А.Р., Меркулов В.И., Юрчик И.А. Особенности обнаружения сигналов в бортовых РЛС при наблюдении интенсивно-маневрирующих целей // Радиотехника. 2004. № 10.
10. Кошелев В.И., Белокуров В.А. Синтез и анализ обнаружителей радиолокационных сигналов, отраженных от маневрирующей цели // Радиоэлектроника. 2005.№ 3.
11. Ильчук А.Р., Киселев В.В., Ладыгин В.А. Структура обнаружителя сигналов от маневрирующих целей на основе метода разладки случайных процессов. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы // Материалы Международной научно-технической конференции. Дивноморское. Россия. 2007.

12. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.: ил.
13. Статистические выводы и связи. М. Кендалл, А. Стюарт, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.
14. Теория вероятностей: Учебник для студ.вузов/Е.С. Вентцель.-9-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2003.–576 с.

Literature

1. Kanaschenkov A.I. etc. The face looking airborne radar systems. Opportunities and constraints. - Moscow: IPRZHR, 2002.
2. Multifunction radar systems: studies. manual for schools / P.I. Dudnic, A.R. Ilchuk, B.G. Tatarsky, ed. Tatarsky. - M. Bustard, 2007. -283, [5] p. : ill. - (Higher Education. Radiotechnical system).
3. Chernyh, M.M., Bogdanov A.V., Burov A.C. etc. The analysis of the information properties of coherent radar signals // Bulletin MSTU. Bauman. Ser "instrument-building", 1999, № 4. 16-26 p.
4. Lyutikov, I.V. The air target detection algorithm based on joint likelihood ratio for two-aircraft radar complex / Lyutikov IV, Zamaraev VV // Radiotekhnika (magazine in the magazine), № 10 - Moscow, 2008 .
5. Farina, A., Studer, F. Digital processing of radar data. Over-Spending targets. - M.: Radio and communication, 1993. 320 p.
6. Logvinov M.A., Burov A.C., Bartsevich S.N. Tracking algorithm-tory maneuvering targets based on the data of the primary signal processing // Electronic scientific and technical publication "Science and Education", 2012, № 1.
7. Ilchuk, A.R., Zhukov, M.N., Ladygin, V.A. Detector signals maneuvering air targets in airborne radar with discriminators // Radiotekhnika 2010, № 7.
8. Ilchuk, A.R., Merkulov, V.I. Samarin, O.F., Yurchik, I.A. Effect of intensive maneuvering targets for performance indicators in primary signal processing in airborne radar // Radio. 2003. № 6.
9. Ilchuk A.R., Merkulov, V.I., Yurchik, I.A. Features of signal detection in airborne radar when observing intense maneuvering targets // Radio. 2004. № 10.
10. Koshelev, V.I., Belokurov, V.A. Synthesis and analysis of radar detectors signals reflected from the maneuvering target // Electronics. 2005. № 3.

11. Ilchuk, A.R., Kiselev, V.V., Ladygin, V.A. The structure of the detector signals from maneuvering targets on the basis of a disorder of random processes. Multiprocessor computer and control systems // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Divnomorskoe. Russia. 2007.

12. Electronic systems: Fundamentals of the theory. Handbook. Ed. 2nd, revised. and add. / Ed. Y.D. Shirman. - M.: Radio, 2007. - 512 p.: Ill.

13. Statistical inference and communication. M. Kendall, A. Stuart, Home Edition physical-mathematical literature publishing house "Nauka", 1973.

14. Probability theory: A Textbook for stud.vuzov / E.S. Venttsel.-9th ed., Sr. - M.: Publishing Center "Academy", 2003.-576 p.

Literatura

1. Kanashchenkov A.I. i dr. Oblik perspektivnykh bortovykh radiolokatsionnykh sistem. Vozmozhnosti i ogranicheniya. – M.:IPRZhR, 2002.

2. Mnogofunktsionalnye radiolokatsionnye sistemy: ucheb. posobie dlya vuzov / P. I. Dudnik, A. R. Ilchuk, B. G. Tatarskiy; pod red. Tatarskogo. - M.: Drofa, 2007. -283, [5] c. : il. – (Vysshee obrazovanie. Radiotekhnicheskie sistemy).

3. Chernykh M.M., Bogdanov A.V., Burov A.S. i dr. Analiz informatsionnykh svoystv kogerentnykh radiolokatsionnykh signalov//Vestnik MGTU im. N.E.Baumana. Ser «Priborostroenie», 1999 g., №4. 16 -26 s.

4. Lyutikov, I. V. Algoritm obnaruzheniya vozdushnykh tseley na osnove sovmestnogo otnosheniya pravdopodobiya dlya dvukhpozitsionnogo aviatsionnogo radiolokatsionnogo kompleksa / Lyutikov I.V., Zamaraev V.V // Radiotekhnika (zhurnal v zhurnale), №10 – g. Moskva, 2008.

5. Farina A., Studer F. Tsifrovaya obrabotka radiolokatsionnoy informatsii. Soprovozhdenie tseley. - M. : Radio i svyaz, 1993. 320 s.

6. Logvinov M. A., Burov A. S., Bartsevich S. N. Algoritm soprovozhdeniya manevriruyushchikh tseley s uchetom dannykh pervichnoy obrabotki signala // Elektronnoe nauchnotekhnicheskoe izdanie «Nauka i obrazovanie», 2012 g., №1.

7. Ilchuk A.R., Zhukov M.N., Ladygin V.A. Obnaruzhitel signalov manevriruyushchikh vozdushnykh tseley v bortovykh RLS s ispolzovaniem diskriminatorov // Radiotekhnika 2010 g., №7.

8. Ilchuk A.R., Merkulov V.I., Samarin O.F., Yurchik I.A. Vliyanie intensivnogo manevrirovaniya tseley na pokazateli effektivnosti sistemy pervichnoy obrabotki signalov v bortovykh RLS // Radiotekhnika. 2003. № 6.
9. Ilchuk A.R., Merkulov V.I., Yurchik I.A. Osobennosti obnaruzheniya signalov v bortovykh RLS pri nablyudenii intensivno-manevriruyushchikh tseley // Radiotekhnika. 2004. № 10.
10. Koshelev V.I., Belokurov V.A. Sintez i analiz obnaruzhiteley radio-lokatsionnykh signalov, otrazhennykh ot manevriruyushchey tseli // Radioelektronika. 2005. № 3.
11. Ilchuk A.R., Kiselev V.V., Ladygin V.A. Struktura obnaruzhitelya signalov ot manevriruyushchikh tseley na osnove metoda razladki sluchaynykh protsessov. Mnogoprotsessornye vychislitelnye i upravlyayushchie sistemy // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Divnomorskoe. Rossiya. 2007.
12. Radioelektronnye sistemy: Osnovy postroeniya i teoriya. Spravochnik. Izd. 2-e, pererab. i dop. / Pod red. Ya. D. Shirmana. – M.: Radiotekhnika, 2007. – 512 s.: il.
13. Statisticheskie vyvody i svyazi. M. Kendall, A. Styuart, Glavnaya redaktsiya fizi-komatematicheskoy literatury izd-va «Nauka», 1973.
14. Teoriya veroyatnostey: Uchebnik dlya stud.vuzov/Ye.S. Venttsel.-9-e izd., ster.- M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2003.–576 s.

.... **Реферат** - Статья посвящена описанию синтеза алгоритма обнаружения интенсивно маневрирующих воздушных целей для импульсно-доплеровской бортовой РЛС, использующего многоканальную корреляционно-фильтровую обработку с частой время-частотной сеткой, учитывающей априорную неопределенность по четырем параметрам принимаемого сигнала (длительности импульсов, времени задержки, частоте Доплера, девиации частоты), а также использующий некогерентную обработку на основе метода отношения правдоподобия за несколько частот повторения зондирующих импульсов, то есть за всё время облучения цели на фиксированной азимутально-угломестной позиции главного луча диаграммы направленности фазированной антенной решетки, используя при этом результаты наблюдений за время предыдущих интервалов накопления в интересах увеличения условной вероятности правильного обнаружения.

Ключевые слова: алгоритм обнаружения, интенсивно маневрирующая, импульсно-доплеровская, бортовая радиолокационная станция.

Summary - This article is devoted to describing the synthesis intensive maneuverable air targets detection algorithm for pulse-Doppler onboard radar that uses multiple correlative-filtration process with frequent time-frequency grid, taking into account a priori uncertainties on the four parameters of the received signal (pulse duration, delay time, Doppler, frequency deviation), and uses the noncoherent processing based on likelihood ratio method for several recurrence frequency pulses that is, for all time exposure on a fixed phased antenna array directional diagram main beam azimuth-elevation angle position, using the results of observations during previous accumulation intervals to increase the correct detection conditional probability.

Keywords: detection algorithm, intensive maneuverable, pulse-doppler, onboard radar.