

УДК 621.396.96

## ВЕРОЯТНОСТЬ МЕЖПОЗИЦИОННОГО ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ В БАЗОВО-КОРРЕЛЯЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ

А.А. ДМИТРЕНКО, С.Ю. СЕДЫШЕВ

Военная академия Республики Беларусь,  
Республика Беларусь

Поступила в редакцию 6 декабря 2016

**Аннотация.** Представлены методика вычисления условной апостериорной вероятности правильного отождествления сигналов в базово-корреляционных комплексах пассивной локации и примеры ее расчетов для конкретных ситуационных задач. Проведен сравнительный анализ достоверности сигнально-параметрического, пространственно-временного и комплексного алгоритмов отождествления сигналов.

**Ключевые слова:** условная апостериорная вероятность правильного отождествления, пространственно-временное отождествление, сигнально-параметрическое отождествление.

**Abstract.** A technique of calculation conditional probability of a correct signals identification and examples of its calculations for concrete situational are presented. The comparative analysis of reliability of signal-parametrical, existential and complex identification algorithms is lead.

**Keywords:** conditional probability of a correct signals identification, existential identification, signal-parametrical identification.

Doklady BGUIR. 2017, Vol. 103, No. 1, pp. 50-57

Reliability of interitem signals identification in cross-correlation passive radars

A.A. Dmitrenko, S.Yu. Sedushev

### Введение

Суть задачи межбазового отождествления результатов взаимокорреляционной обработки выборок сигналов, полученных разнесенными в пространстве приемными пунктами, состоит в принятии решения об установлении наилучшего в том или ином смысле взаимного соответствия между совокупностями полученных на всех базах откликов (принятии одной из возможных гипотез отождествления) [1–4]. Под базой будем понимать пару приемных пунктов, сигналы которых подвергаются взаимокорреляционной обработке. Откликом будем называть факт превышения установленного порога взаимокорреляционной функцией и соответствующее данному максимуму значение разности времени запаздывания.

Поставленная задача в комплексах пассивной локации (КПЛ) может быть решена посредством применения либо алгоритма сигнально-параметрического, либо пространственно-временного отождествления, а также путем комплексного использования обоих способов [5, 6]. Сигнально-параметрический алгоритм базируется на сличении признаковой сигнальной информации каждого из принятых на всех приемных пунктах сигналов. При пространственно-временном отождествлении соответствие между откликами устанавливается путем стробирования пространства радиолокационного наблюдения [7–10].

Оба алгоритма имеют свои достоинства и недостатки. В основе каждого из них лежат различные физические принципы и технические средства реализации. Критерием сравнения вышеуказанных алгоритмов может служить степень достоверности отождествления совокупностей

откликов, полученных на всех базах КПЛ. В качестве показателя достоверности была принята величина условной апостериорной вероятности правильного отождествления  $P(H_g|\mathbf{Z})$ , под которой будем понимать вероятность установления соответствия между совокупностями откликов для всех баз КПЛ, которое приводит к определению истинных координат источников радиоизлучения (ИРИ) (вероятность принятия гипотезы отождествления  $H_g$ ) при условии получения совокупности фактов превышения взаимнокорреляционных функций (откликов)  $\mathbf{Z}$ .

При выводе последующих выражений были приняты также определенные допущения и ограничения. Решение задачи отождествления осуществляется за один контакт с целями в отсутствие каких-либо априорных данных. Каждый из откликов может быть истинным или ложным, однако все отклики считаются разрешенными (один отклик соответствует свертке только двух сигналов).

### Методика расчета условной апостериорной вероятности правильного отождествления

Принятие определенной гипотезы отождествления представляет собой событие, состоящее в совместном отнесении каждого из совокупности откликов тем или иным ИРИ, или признание их ложными. Вероятность данного события:

$$P(H_g|\mathbf{Z}) = \prod_{k=1}^{n_{01}} \prod_{m=1}^{n_{02}} \dots \prod_{n=1}^{n_{N_{\text{баз}}}} p(\vartheta_{k,m,n} | H_g), \text{ где } n_i (i = 0 \dots N_{\text{баз}}) - \text{число откликов на каждой из баз КПЛ;}$$

$N_{\text{баз}}$  – число баз;  $\vartheta_{k,m,n}$  – составное событие, состоящее в совместном отождествлении между собой  $k$ -го,  $m$ -го...,  $n$ -го откликов в рамках гипотезы отождествления  $H_g$ .

С учетом того, что все составные события совместного отождествления совокупностей откликов в рамках рассматриваемой гипотезы отождествления являются зависимыми, в соответствии с теоремой умножения вероятностей [11, 12]:

$$P(H_g|\mathbf{Z}) = \prod_{k=1}^{n_{01}} \prod_{m=1}^{n_{02}} \dots \prod_{n=1}^{n_{N_{\text{баз}}}} p(\vartheta_{1,1,1} | H_g) p(\vartheta_{1,1,2} | \vartheta_{1,1,1}, H_g) \dots p(\vartheta_{k,m,n} | \vartheta_{1,1,1}, \dots, \vartheta_{k-1,m-1,n-1}, H_g).$$

Причем множители, определяющие условную вероятность неотождествления соответствующих откликов в рамках гипотезы отождествления  $H_g$ , как вероятности заведомо невозможных событий, исключаются из перечня учитываемых при расчете условной вероятности правильного отождествления:

$$P(H_g|\mathbf{Z}) = \prod_{k=1}^{n_{01}} \prod_{m=1}^{n_{02}} \dots \prod_{n=1}^{n_{N_{\text{баз}}}} p(\vartheta_{k,m,n} | \vartheta_{1,1,1}, \dots, \vartheta_{k-1,m-1,n-1}, H_g) \Big|_{k,m,n\text{-й отклики отождествлены между собой}}. \quad (1)$$

В свою очередь, условная вероятность каждого составного события равна произведению вероятностей попарного установления соответствия между откликами:

$$p(\vartheta_{k,m,l,\dots,q,n} | H_g) = p(\vartheta_{k,m} | H_g) p(\vartheta_{m,l} | H_g) \dots p(\vartheta_{q,n} | H_g). \quad (2)$$

Принятое допущение о том, что каждый из откликов может являться ложным, приводит к получению следующего выражения:

$$p(\vartheta_{k,m,l,\dots,q,n} | H_g) = p(\vartheta_{k,m} | H_g) p(\vartheta_{m,l} | H_g) \dots p(\vartheta_{q,n} | H_g) (1-F)^{N_{\text{баз}}}, \quad (3)$$

где  $F$  – вероятность ложной тревоги (возникновения ложного отклика).

Вероятность попарного установления соответствия между откликами определяется применяемым алгоритмом отождествления – сигнально-параметрическим ( $P_s$ ) или пространственно-временным ( $P_p$ ).

При использовании признаковой сигнальной информации вероятность отождествления откликов между собой зависит от многих факторов: отношения сигнал/шум на входах приемников, совокупности измеряемых и используемых для отождествления сигнальных параметров, точности измерения этих параметров и др.:  $p(\vartheta_{k,m} | H_g) = P_s(\rho_k, \rho_m, \mathbf{a}, \boldsymbol{\sigma}_a, \dots)$ .

При стробировании пространства радиолокационного наблюдения вероятность отождествления откликов между собой зависит от размеров устанавливаемых стробов при известной величине ошибок измерения первичных координат (разности времени запаздывания):  $p(\vartheta_{k,m} | H_g) = P_p(\boldsymbol{\sigma}_a)$ .

Для получения конкретных численных значений примем в дальнейших вычислениях следующие величины вышеуказанных вероятностей:

$$F = 10^{-3}, \quad (4)$$

$$P_s = 0,9, \quad (5)$$

$$P_p = 0,997. \quad (6)$$

Значение вероятности  $P_p$  соответствует размерам установленных стробов по измеряемым координатам  $\pm 3\sigma_a$ .

### Примеры расчета условных апостериорных вероятностей правильного отождествления для конкретных ситуационных задач

Вычислим условные апостериорные вероятности правильного отождествления для двухбазового и трехбазового КПЛ при наличии в рабочей зоне двух источников радиоизлучения (рис. 1). Для рассматриваемых примеров истинными являются гипотезы, в рамках которых между собой отождествляются 1–3 и 2–4 отклики (для двухбазового КПЛ); 1–3–5 и 2–4–6 отклики (для трехбазового КПЛ).

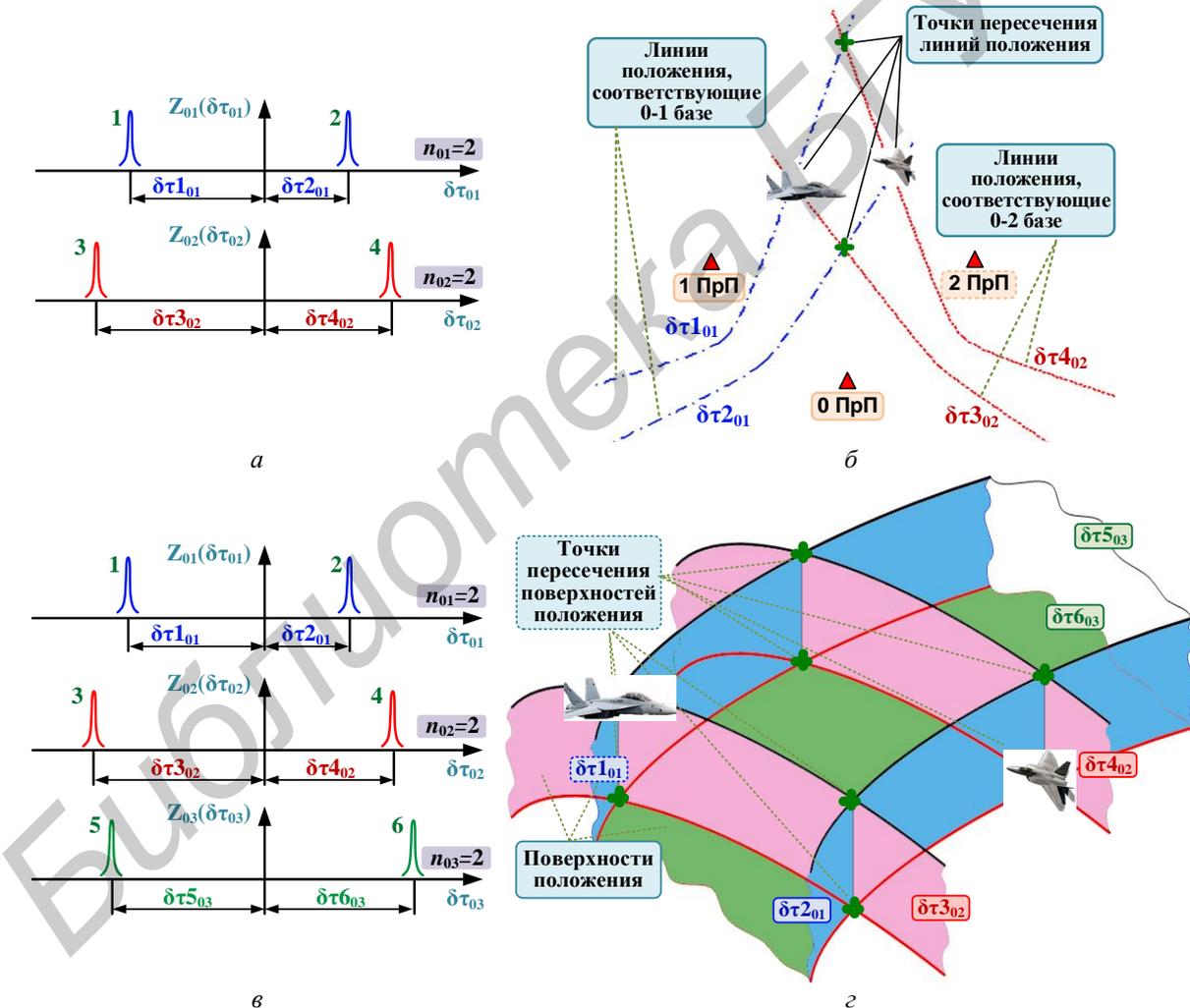


Рис. 1. Совокупность откликов корреляторов (а, в), точки пересечения линий (поверхностей) положения (б, г) для двухбазового (а, б) и трехбазового КПЛ (в, г)

Расчет условной вероятности правильного отождествления для двухбазового КПЛ. Согласно выражению (1) с учетом (3), вероятность правильного отождествления:

$$P(H_g | Z) = p(\mathcal{G}_{1,3} | H_g) p(\mathcal{G}_{2,4} | \mathcal{G}_{1,3}, H_g) (1 - F)^4.$$

Так как вероятность установления соответствия между 2-м и 4-м откликами при условии соответствия 1-го и 3-го откликов в рамках рассматриваемой гипотезы отождествления равна 1, то конечное выражение условной апостериорной вероятности правильного отождествления:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g)(1-F)^4,$$

где  $p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g)$  – вероятность установления соответствия между 1-м и 3-м откликами.

В отсутствие каких-либо данных, позволяющих отождествить отклики между собой, данная вероятность будет равна:  $P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g)(1-F)^4 = 0,5 \cdot (1-10^{-3})^4 = 0,498$ , т.к. события отнесения 3-го или 4-го откликов к 1-му являются равновероятными событиями.

Условная апостериорная вероятность правильного отождествления при сигнально-параметрическом отождествлении:  $P(H_g | \mathbf{Z}) = P_s \cdot (1-F)^4 = 0,9 \cdot (1-10^{-3})^4 = 0,896$ ; при пространственно-временном:  $P(H_g | \mathbf{Z}) = P_p \cdot (1-F)^4 = 0,997 \cdot (1-10^{-3})^4 = 0,993$ .

*Расчет условной вероятности правильного отождествления для трехбазового КПЛ.* Согласно выражению (1) с учетом (3) вероятность правильного отождествления:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3,5} | H_g) p(\mathfrak{A}_{2,4,6} | \mathfrak{A}_{1,3,5}, H_g)(1-F)^6.$$

Так как вероятность установления соответствия между 2-м, 4-м и 6-м откликами при условии соответствия 1-го, 3-го и 5-го откликов в рамках рассматриваемой гипотезы отождествления равна 1, то конечное выражение условной апостериорной вероятности правильного отождествления для принятой ситуационной задачи:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3,5} | H_g)(1-F)^6, \text{ где } p(\mathfrak{A}_{1,3,5} | H_g) \text{ – вероятность установления соответствия}$$

между 1-м, 3-м и 5-м откликами, которая, согласно выражению (2), для рассматриваемого примера будет равна:

$$p(\mathfrak{A}_{1,3,5} | H_g) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g)(1-F)^6, \text{ где } p(\mathfrak{A}_{1,2} | H_g) \text{ – условная вероятность}$$

установления соответствия между 1-м и 3-м откликами;  $p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g)$  – условная вероятность установления соответствия между 3-м и 5-м откликами в рамках гипотезы отождествления  $H_g$ .

В отсутствие каких-либо данных, позволяющих отождествить отклики между собой, данные вероятности будут одинаковы и равны:

$$p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) = p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g) = 0,5, \text{ т.к. события отнесения 3-го или 4-го откликов к 1-му, а также 5-го или 6-го к 3-му являются равновероятными событиями.}$$

При реализации сигнально-параметрического и пространственно-временного алгоритмов значения вероятностей попарного отождествления откликов были определены ранее (выражения (5), (6)).

В конечном итоге, для рассматриваемого примера условная вероятность правильного отождествления в отсутствие каких-либо данных, позволяющих отождествить отклики между собой, будет равна:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g)(1-F)^6 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot (1-10^{-3})^6 = 0,249;$$

при сигнально-параметрическом отождествлении:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g)(1-F)^6 = P_s \cdot P_s \cdot (1-F)^6 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot (1-10^{-3})^6 = 0,805;$$

при пространственно-временном отождествлении:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{A}_{3,5} | H_g)(1-F)^6 = P_p \cdot P_p \cdot (1-F)^6 = 0,997 \cdot 0,997 \cdot (1-10^{-3})^6 = 0,988.$$

Вычисленные значения условных вероятностей правильного отождествления для различных ситуационных задач представлены на рис. 2.

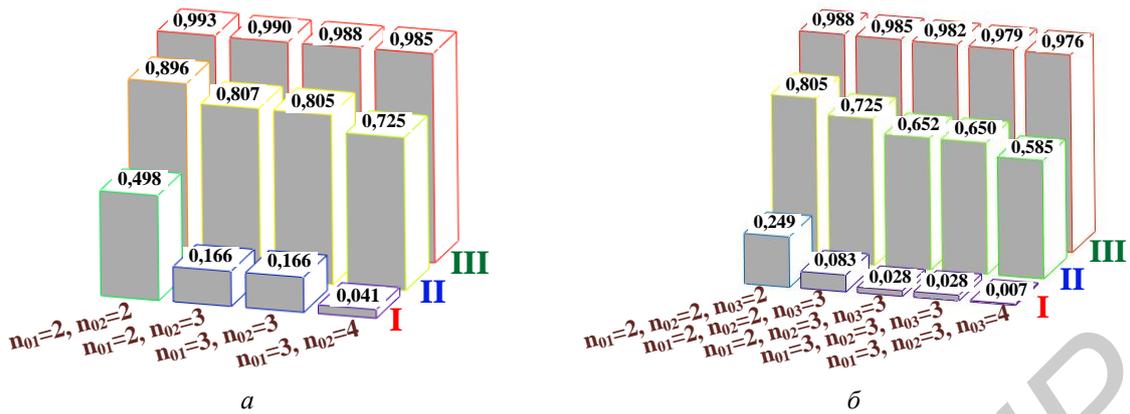


Рис. 2. Условные вероятности правильного отождествления для двухбазового (а), трехбазового (б) КПЛ: I – отождествление без какой-либо дополнительной информации; II – сигнально-параметрическое отождествление; III – пространственно-временное отождествление

### Достоверность отождествления комплексного алгоритма

Недостатком алгоритма пространственно-временного отождествления является снижение достоверности установления истинного соответствия между совокупностями откликов при попадании нескольких откликов в один строб отождествления. Устранение данного недостатка возможно путем комплексного использования пространственно-временного и сигнально-параметрического алгоритмов.

Так, при попадании нескольких откликов в один строб, соответствие между ними устанавливается путем сличения их сигнальных параметров, устраняя тем самым возникшую неоднозначность отождествления. В этом случае, каждый из сомножителей в алгоритме вычисления условной вероятности совместного отождествления совокупностей откликов в рамках рассматриваемой гипотезы отождествления (выражение (2)) будет определяться:

$$p(\mathfrak{A}_{k,n} | H_g) = \begin{cases} P_p(\sigma_a), & \text{если в строке отождествления} \\ & \text{находится не более одного отклика;} \\ P_s(\rho_k, \rho_m, \alpha, \sigma_a, \dots), & \text{если в строке отождествления} \\ & \text{находится более одного отклика.} \end{cases}$$

Вычислим условную вероятность правильного отождествления при комплексном алгоритме для двухбазового КПЛ с двумя ИРИ в рабочей зоне. Совокупность отождествляемых откликов представлена на рис. 3. Причем 4-й и 5-й отклики считаются находящимися в одном строке отождествления, а параметры сигналов, соответствующих отождествляемым откликам, различающимися.

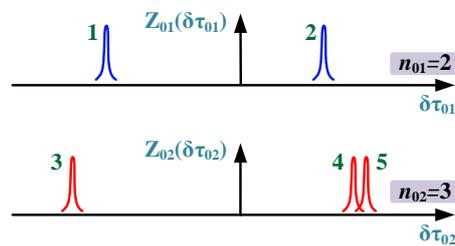


Рис. 3. Совокупность откликов корреляторов

Для рассматриваемого примера истинной является гипотеза, в рамках которой между собой отождествляются 1–3 и 2–4 отклики, 5-й отклик является ложным.

В данной ситуации вероятность правильного отождествления:

$$P(H_g | \mathbf{Z}) = p(\mathfrak{A}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{A}_{2,4} | \mathfrak{A}_{1,3}, H_g) p(\mathfrak{A}_{0,5} | \mathfrak{A}_{1,3}, \mathfrak{A}_{2,4}, H_g) (1-F)^4, \text{ где } \mathfrak{A}_{0,5} \text{ – событие, состоящее в признании 5-го отклика ложным.}$$

Так как вероятность признания 5-го отклика ложным, при условии соответствия 1-3 и 2–4 откликов равна 1, то условная апостериорная вероятность правильного отождествления:

$$P(H_g | Z) = p(\mathfrak{D}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{D}_{2,4} | \mathfrak{D}_{1,3}, H_g) (1 - F)^4.$$

Вероятность установления соответствия между 1-м и 3-м откликами определяется вероятностью их попадания в стробы отождествления:  $p(\mathfrak{D}_{1,3} | H_g) = P_p = 0,997$ .

Вероятность установления соответствия между 2-м и 4-м откликами при условии соответствия 1-го и 3-го откликов в отсутствие учета признаковой сигнальной информации:

$$p(\mathfrak{D}_{2,4} | \mathfrak{D}_{1,3}, H_g) = 0,5$$

при учете признаковой сигнальной информации:  $p(\mathfrak{D}_{2,4} | \mathfrak{D}_{1,3}, H_g) = P_s = 0,9$

В конечном итоге, для рассматриваемого примера условная вероятность правильного отождествления в отсутствие учета признаковой сигнальной информации

$$P(H_g | Z) = p(\mathfrak{D}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{D}_{2,4} | \mathfrak{D}_{1,3}, H_g) (1 - F)^4 = P_p \cdot 0,5 \cdot (1 - F)^4 = 0,997 \cdot 0,5 \cdot (1 - 10^{-3})^4 = 0,497;$$

при комплексном алгоритме отождествления

$$P(H_g | Z) = p(\mathfrak{D}_{1,3} | H_g) p(\mathfrak{D}_{2,4} | \mathfrak{D}_{1,3}, H_g) (1 - F)^4 = P_p \cdot P_s \cdot (1 - F)^4 = 0,997 \cdot 0,9 \cdot (1 - 10^{-3})^4 = 0,894.$$

Вычисленные значения условных вероятностей правильного отождествления откликов при комплексном алгоритме отождествления представлены на рис. 4.

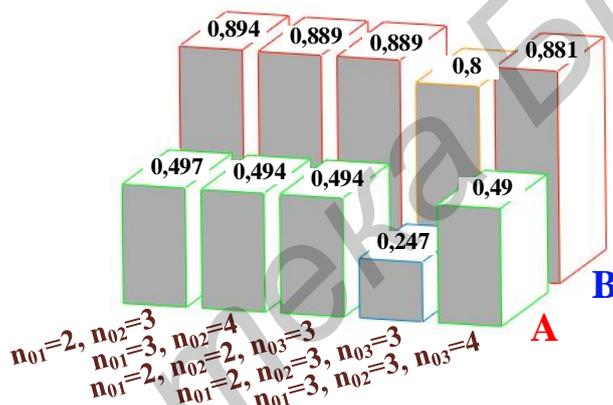


Рис. 4. Условные вероятности правильного отождествления при комплексном использовании алгоритмов сигнально-параметрического и пространственно-временного отождествления: А – пространственно-временное отождествление при попадании двух откликов в один строб; В – комплексное использование сигнально-параметрического и пространственно-временного алгоритмов отождествления

### Выводы

Использование признаковой сигнальной информации (сигнально-параметрическое отождествление) позволяет с высокой степенью достоверности решать задачу межбазового отождествления откликов в базово-корреляционных комплексах пассивной локации. Однако высокие значения условной вероятности правильного отождествления достигаются лишь при отождествлении сигналов различных типов ИРИ (сигнальные параметры которых различаются). Степень достоверности получаемых результатов при отождествлении сигналов однотипных ИРИ, параметры которых схожи, делает алгоритм сигнально-параметрического отождествления непригодным для практического применения в данных условиях. К недостаткам алгоритма можно отнести также высокую сложность и стоимость средств и устройств, позволяющих получать и использовать сигнальные параметры (временные, частотные, и др.) для установления соответствия между принятыми совокупностями сигналов.

Стробирование пространства радиолокационного наблюдения по измеряемым координатам (пространственно-временное отождествление) также позволяет с высокой степенью достоверности решать задачу межбазового отождествления откликов в базово-корреляционных комплексах пассивной локации. Недостатком данного алгоритма является уменьшение

вероятности правильного отождествления при попадании нескольких откликов в один строб отождествления при малом пространственном удалении нескольких ИРИ между собой.

Наилучшие показатели достоверности межбазового отождествления откликов достигаются при комплексном использовании сигнально-параметрического и пространственно-временного алгоритмов. При совместном использовании обоих способов устраняются недостатки, присущие им по отдельности. Появляется возможность отождествить одинаковые сигналы за счет пространственного стробирования, а также установить соответствие между откликами, попавшими в один строб отождествления, за счет отличия их сигнальных параметров. Выигрыш в достоверности отождествления комплексного алгоритма, на основе полученных результатов (рис. 4) составил 1,7–3,2 раза.

Попадание нескольких откликов с одинаковыми сигнальными параметрами в один строб отождествления приводит к снижению достоверности межпозиционного отождествления и требует привлечения дополнительных источников информации (например, средств активной локации) для определения истинных координат объектов наблюдения.

### Список литературы

1. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь, 1993. 416 с.
2. Охрименко А.Е. Основы обработки и передачи информации. Минск: МВИЗРУ ПВО, 1990. 181 с.
3. Савенко С.А. Теория и техника совместной адаптивной обработки сигналов в обзорных активно-пассивных радиолокационных системах: дис. док. техн. наук. Минск, 2000. 191 с.
4. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радиотехника, 2007. 512 с.
5. Дмитренко А.А., Седышев С.Ю. Межпозиционное пространственно-временное отождествление сигналов в многопозиционных базово-корреляционных комплексах пассивной локации // Докл. БГУИР. 2016. № 5 (99). С. 85–91.
6. Просов А.В. Квиткин В.П. Алгоритмы межпозиционного отождествления результатов радиолокационных измерений // Сб. науч. работ Харьковского ун-та Воздушных Сил им. И. Кожедуба. 2008. № 2 (17). С. 46–48.
7. Дмитренко А.А., Седышев С.Ю. Минимизация сектора обзора по разности времен запаздывания в корреляционно-базовых системах обнаружения источников радиоизлучения с псевдообзором по азимуту // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С., фонд. науки. 2014. № 4. С. 85–88.
8. Дмитренко А.А., Седышев С.Ю., Горшков С.А. Устройство быстрого обзора по разности времен запаздывания в корреляционно-базовых комплексах пассивной локации // Патент РБ № 9543. 2013. Бюлл. № 5 (94).
9. Дмитренко А.А., Седышев С.Ю., Горшков С.А. Устройство определения угловой координаты источника радиоизлучения в корреляционно-базовых комплексах пассивной локации / Патент РБ № 9864. 2014. Бюлл. № 4 (99).
10. Дмитренко А.А., Седышев С.Ю., Горшков С.А. Способ уменьшения интервала обзора по разности времен запаздывания в корреляционно-базовых комплексах пассивной локации / Патент РБ № 20162. 2016. Бюлл. № 3 (110).
11. Колемаев В.А., Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М., 1997. 191 с.
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для студ. вузов. М.: Академия, 2005. 576 с.

### References

1. Chernjak V.S. Mnogopozicionnaja radiolokacija. M.: Radio i svjaz', 1993. 416 s. (in Russ.)
2. Ohrimenko A.E. Osnovy obrabotki i peredachi informacii. Minsk: MVIZRU PVO, 1990. 181 s. (in Russ.)
3. Savenko S.A. Teorija i tehnika sovmestnoj adaptivnoj obrabotki signalov v obzornyh aktivno-passivnyh radiolokacionnyh sistemah: dis. dok. tehn. nauk. Minsk, 2000. – 191 s. (in Russ.)
4. Radiojelektronnye sistemy: Osnovy postroenija i teorija. Spravochnik / Ja.D. Shirman [i dr.]. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Radiotehnika, 2007. 512 s. (in Russ.)
5. Dmitrenko A.A., Sedyshev S.Ju. Mezhpozicionnoe prostranstvenno-vremennoe otohdestvlenie signalov v mnogopozicionnyh bazovo-korreljacionnyh kompleksah passivnoj lokacii // Dokl. BGUIR. 2016. № 5 (99). S. 85–91. (in Russ.)
6. Prosov A.V. Kvitkin V.P. Algoritmy mezhpozicionnogo otohdestvlenija rezul'tatov radiolokacionnyh izmerenij // Sb. nauch. rabot Har'kovskogo un-ta Vozdushnyh Sil im. I. Kozheduba. 2008. № 2 (17). S. 46–48. (in Russ.)

7. Dmitrenko A.A., Sedyshev S.Ju. Minimizacija sektora obzora po raznosti vremen zapazdyvanija v korreljacionno-bazovyh sistemah obnaruzhenija istochnikov radioizluchenija s psevdooobzorom po azimutu // Vestn. Poloc. gos. un-ta. Ser. S., fund. nauki. 2014. № 4. S. 85–88. (in Russ.)
8. Dmitrenko A.A., Sedyshev S.Ju., Gorshkov S.A. Ustrojstvo bystrogo obzora po raznosti vremen zapazdyvanija v korreljacionno-bazovyh kompleksah passivnoj lokacii // Patent RB № 9543. 2013. Bjull. № 5 (94). (in Russ.)
9. Dmitrenko A.A., Sedyshev S.Ju., Gorshkov S.A. Ustrojstvo opredelenija uglovoj koordinaty istochnika radioizluchenija v korreljacionno-bazovyh kompleksah passivnoj lokacii / Patent RB № 9864. 2014. Bjull. № 4 (99). (in Russ.)
10. Dmitrenko A.A., Sedyshev S.Ju., Gorshkov S.A. Sposob umen'shenija intervala obzora po raznosti vremen zapazdyvanija v korreljacionno-bazovyh kompleksah passivnoj lokacii / Patent RB № 20162. 2016. Bjull. № 3 (110). (in Russ.)
11. Kolemaev V.A., Kalinina V.N. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika. M., 1997. 191 s. (in Russ.)
12. Vencel' E.S. Teorija verojatnostej: Uchebnik dlja stud. vuzov. M.: Akademija, 2005. 576 s. (in Russ.)

#### **Сведения об авторах**

Седышев С.Ю., к.т.н., доцент, профессор кафедры радиолокации и приемопередающих устройств Военной академии Республики Беларусь.

Дмитренко А.А., м.н.с. кафедры радиолокации и приемопередающих устройств Военной академии Республики Беларусь.

#### **Information about the authors**

Sedushev S.Yu., PhD, associate professor, professor of department of radiolocation and transceivers of Military Academy of the Republic of Belarus.

Dmitrenko A.A., junior researcher of department of radiolocation and transceivers of Military Academy of the Republic of Belarus.

#### **Адрес для корреспонденции**

220057, Республика Беларусь,  
г. Минск, пр. Независимости, д. 220,  
Военная академия Республики Беларусь  
тел. +375-29-779-48-89;  
e-mail: sedbox@mail.ru;  
Седышев Сергей Юрьевич

#### **Address for correspondence**

220057, Republic of Belarus,  
Minsk, Nezavisimosti ave., 220,  
Military Academy of the Republic of Belarus  
tel. +375-29-779-48-89;  
e-mail: sedbox@mail.ru;  
Sedushev Sergei Yur'evich