

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 866 546** (13) **C1**
 (51) МПК
G01S 13/90 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.07.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 25.04.2029 по 24.04.2030. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 25.04.2029 по 24.04.2030. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 25.04.2030 по 24.10.2030 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты
 пошлины за поддержание
 патента в силе

(52) СПК

G01S 13/90 (2026.01); G01S 13/9021 (2026.01); G01S 13/9023 (2026.01); G01S 13/9027 (2026.01); G01S 13/9058 (2026.01)

(21)(22) Заявка: **2025110695**, 24.04.2025(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **24.04.2025**

Дата регистрации:
21.07.2026

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: **24.04.2025**

(45) Опубликовано: **21.07.2026** Бюл. № **21**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2703996 C2, 23.10.2019. RU 2278398 C2, 20.06.2006. RU 2560082 C2, 20.08.2015. RU 2760873 C1, 01.12.2021. RU 2528169 C1, 10.09.2014. RU 2640406 C1, 09.01.2018. НЕНАШЕВ В.А., НЕНАШЕВ С.А. Классификация и распознавание наземных объектов в потоке радиолокационных кадров на основе нейросетевого подхода в передней зоне обзора бортовых РЛС**

многопозиционной системы // ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023, Москва, сс. 572-580. US 2012319892 A1, 20.12.2012. DE 19938592 A1, 29.03.2001.

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

**Ненашев Вадим Александрович (RU),
 Ненашев Сергей Александрович (RU),
 Кузьменко Владимир Павлович (RU),
 Солёный Сергей Валентинович (RU),
 Киришина Ирина Анатольевна (RU),
 Бестугин Александр Роальдович (RU),
 Степанов Георгий Юрьевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

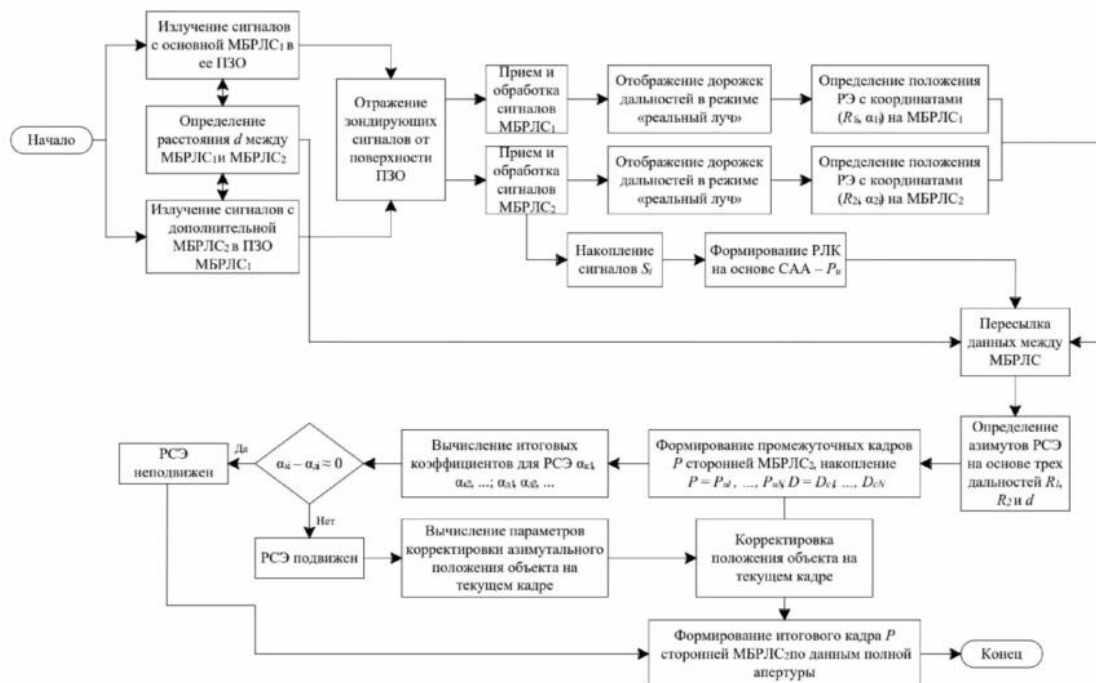
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ обнаружения, определения координат и селекции объектов в передних зонах обзора малогабаритных бортовых РЛС двухпозиционной системы

(57) Реферат:

Изобретение относится к двухпозиционным системам с техническим зрением, функционирующим в радиодиапазоне. Изобретение реализует обнаружение, селекцию и определение координат в процессе формирования радиолокационного кадра (РЛК) для передних зон обзора малогабаритных бортовых РЛС, входящих в

двухпозиционную систему и базирующихся на малых летательных аппаратах (МЛА) и обеспечивающих сбор и отображение радиолокационной обстановки в режиме реального времени. Техническим результатом является сокращение времени за счет параллельной реализации следующих алгоритмов: формирования радиолокационного изображения (РЛИ) в передней зоне обзора, обнаружения, селекции, определения координат, определения параметров движения. Технический результат достигается благодаря возможности формирования в реальном масштабе времени РЛИ высокого разрешения для передней зоны обзора земной поверхности с одновременной реализацией, в процессе ее формирования, следующих алгоритмов: обнаружения, селекции, определения координат, определения параметров движения. 2 ил.



Фиг. 2

Изобретение относится к двухпозиционным системам с техническим зрением, функционирующим в радиодиапазоне. Изобретение реализует обнаружение, селекцию и определение координат в процессе формирования радиолокационного кадра (РЛК) для передних зон обзора малогабаритных бортовых РЛС, входящих в двухпозиционную систему и базирующихся на малых летательных аппаратах (МЛА) и обеспечивающих сбор и отображение радиолокационной обстановки в режиме реального времени.

Известен «Способ получения радиолокационного изображения земной поверхности при помощи многопозиционной радиолокационной системы с синтезированной апертурой антенны» (Патент РФ № 2278398, МПК G01S13/90, опубл. 20.06.2006), в котором описывается многопозиционная радиолокационная система, обеспечивающая повышение помехоустойчивости функционирования системы, ее информативности, повышение качества формируемого радиолокационного изображения (РЛИ) наблюдаемого участка земной поверхности.

Недостатком данного способа является то, что передатчик и приемник разнесены в пространстве, то есть базируются на различных позициях, из-за чего существует сложность их точной, корректной и быстрой синхронизации. Иначе при манёврах носителей передатчиков и приемников могут возникать сложности с синхронизацией, что в свою очередь существенно влияет на качество формируемого РЛИ передней зоны обзора (ПЗО).

Наиболее близким по технической сущности является «Способ фронтального синтеза апертуры антенны земной поверхности с исключением слепых зон в передней зоне с помощью многопозиционной радиолокационной системы» (Патент РФ № 2703996, МПК G01S13/90, опубл. 20.08.2015), в котором описывается многопозиционная радиолокационная система, состоящая из бортовых РЛС и на базе которой осуществляется формирование радиолокационного изображения (РЛИ) высокого разрешения по азимуту наблюдаемого участка земной поверхности, находящегося в передней зоне обзора каждой БРЛС по курсу их траектории полета.

Недостатком данного способа является его неспособность реализовать селекцию целей на движущиеся и неподвижные, а также осуществлять коррекции их координат

на формируемом или сформированном РЛИ путем комплексной обработки пересылаемых данных между объединёнными бортовыми РЛС, входящими в многопозиционную систему, по беспроводным каналам связи между ее позициями.

Недостатком способа-прототипа является то, что он осуществляет последовательное выполнение задач формирования РЛИ в ПЗО, после чего только на нем выполняется селекция неподвижных и движущихся объектов, с определением их координат, коррекцией их сдвинутого положения и оценка параметров движения последних.

Задачей, на решение которой направлен предлагаемый способ, является сокращение времени при выполнении полетных заданий, требующих оперативного реагирования, например, при поисково-спасательных операциях людей в зонах с чрезвычайными ситуациями (ЧС).

Техническим результатом является сокращение времени за счет параллельной реализации следующих алгоритмов: формирования РЛИ в ПЗО, обнаружения, селекции, определения координат, определения параметров движения.

Технический результат достигается тем, что способ обнаружения, определения координат и селекции объектов в передних зонах обзора малогабаритных бортовых РЛС двухпозиционной системы заключается в синхронном облучении участка исследуемой поверхности двухлучевыми антеннами с фазированными антенными решетками основной и дополнительной малогабаритных бортовых радиолокационных станций (МБРЛС), которые установлены на движущихся параллельными курсами на одной высоте малых летательных аппаратах (МЛА), при этом левый луч антенны основной МБРЛС и правый луч антенны дополнительной МБРЛС ориентированы вдоль векторов путевой скорости соответствующих МЛА и облучают переднюю зону обзора, одновременно правым лучом антенны основной МБРЛС облучают область переднего обзора правого луча антенны дополнительной МБРЛС, левым лучом которой облучают область переднего обзора левого луча антенны основной БРЛС, при этом на каждом периоде зондирования излучают маркированные импульсные сигналы Sz_i с первой (основной) МБРЛС ($МБРЛС_1$) и со второй (дополнительной) МБРЛС ($МБРЛС_2$), которые отражаются от поверхности передней зоны обзора (ПЗО) и поступают в антенны и приемные устройства той МБРЛС, с которой было осуществлено их излучение, далее, пройдя высокочастотную обработку в аналоговой части приемника, поступают на аналогово-цифровой преобразователь, после чего в вычислителе осуществляется их накопление S_i , затем по ним формируют текущие радиолокационные кадры (РЛК) с грубым разрешением по данным текущей синтезированной субапертуры Su_i , при этом параллельно реализуют отображения дорожек дальностей, где в каждой дорожке, выполняют процесс обнаружения их радиоконтрастных элементов (РЭ) РЛК с координатами дальности R_i , азимута α_i , далее по беспроводным каналам связи осуществляют обмен данными, а именно расстояние d между МБРЛС, (R_1, α_1) от МБРЛС₁ и (R_2, α_2) от МБРЛС₂, после чего осуществляют определение реальных и ложных позиций радиоконтрастных совместных элементов (РСЭ), находящихся в ПЗО в полярной системе координат каждой МБРЛС, при этом на каждом периоде приема сигнала все определенные РСЭ записываются в пиксельную матрицу P_{ui} с присвоением каждому РСЭ коэффициента значимости e_r , которые записывают в матрицу обнаружения D_{ci} , далее по мере повышения азимутального разрешения каждого синтезированного кадра $P_{u1}, P_{u2}, \dots, P_{uN-1}$ часть ложных РСЭ в матрицах обнаружения РСЭ $D_{c1}, D_{c2}, \dots, D_{cN}$ устраняться за счет повышения азимутального разрешения, то есть пересечений дорожек дальностей ставится меньше, а, следовательно, меньше ложных РСЭ, во время формирования промежуточных кадров матрицы пикселей $P_{u1}, P_{u2}, \dots, P_{uN-1}$ посредством МБРЛС₂ с грубым азимутальным разрешением осуществляют их накопление в структуру данных **P**, и при этом также осуществляют накопление матриц обнаружения РСЭ в структуру **D** = $D_{c1}, D_{c2}, \dots, D_{cN}$, осуществив накопление набора матриц в структуры **P** и **D**, вычисляют итоговые коэффициенты для РСЭ с одними и теми же координатами, на основе чего принимают решение о реальности или ложности РСЭ, при этом, в процессе формирования РЛК, азимутальное положение $\alpha_{d1}, \alpha_{d2}, \alpha_{d3}, \dots, \alpha_{dN-1}$ движущихся РСЭ будет сдвинуто по азимуту относительно своего реального положения на крайних кадрах $P_{uN-3}, P_{uN-2}, P_{uN-1}$, при этом у первых кадров $P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}, \dots$ и т.д. сдвиг по азимуту отсутствует, а азимутальное положение обнаруженных РСЭ $\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \alpha_{k3} \dots$ определяется корректно

за счет его определения по трем дальностям R_1 , R_2 и d , после чего оценивают динамику нарастания разницы между азимутами массивов для каждого РСЭ α_{ki} и α_{di} , на основе которой осуществляют их селекцию еще до конца формирования итогового РЛК по данным от полной апертуры, при этом если разница азимутов $\alpha_{ki}-\alpha_{di} \approx 0$, то РСЭ присваивается признак, что он неподвижен, в противном случае присваивается признак того, что он является движущимся, азимутальную позицию которого требуется уточнить для коррекции его положения на реальное.

Технический результат достигается благодаря возможности формирования в реальном масштабе времени РЛИ высокого разрешения для передней зоны обзора земной поверхности с одновременной реализацией, в процессе ее формирования, следующих алгоритмов: обнаружения, селекция, определение координат, определение параметров движения.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена система, состоящая из МБРЛС₁ и МБРЛС₂, а на фиг. 2 - схема реализации заявляемого способа.

Способ обнаружения, определения координат и селекции объектов в передних зонах обзора двухпозиционной системы, из МБРЛС₁ и МБРЛС₂ осуществляется следующим образом.

1. Во время выполнения полетного задания два МЛА, осуществляющих движение практически параллельными курсами, с МБРЛС на каждом борту, где их антенные системы зондируют обследуемую ПЗО МБРЛС, как это проиллюстрировано на фиг. 1а.

2. Затем на каждом периоде зондирования излучают маркированные импульсные сигналы Sz_i с первой (основной) МБРЛС (МБРЛС₁) и со второй (дополнительной) МБРЛС (МБРЛС₂), которые отражаются от поверхности передней зоны обзора (ПЗО) и поступают в антенны и приемные устройства той МБРЛС, с которой было осуществлено их излучение. Далее, пройдя высокочастотную обработку в аналоговой части приемника, поступают на аналогово-цифровой преобразователь, после чего в вычислителе осуществляется их накопление S_i , затем по ним формируют текущие радиолокационные кадры (РЛК) с грубым разрешением по данным текущей синтезированной субапертуры Su_i .

3. На каждой МБРЛС в процессе накопления сигналов S_i для формирования РЛК на основе синтеза апертуры антенны (САА), при этом параллельно реализуют отображения дорожек дальностей, где в каждой дорожке выполняют процесс обнаружения их радиоконтрастных элементов (РЭ) РЛК с координатами дальности R_i , азимута α_i . То есть во время применения алгоритма формирования каждого текущего РЛК еще до пересылки данных от текущих синтезированных субапертур Su_i между МБРЛС, осуществляется определение положения РДД в полярной системе координат (ПСК) каждой МБРЛС, входящих в двухпозиционную пространственно-распределенную систему (ДПРС). При этом координата дальности R_{1i} , R_{2i} до каждой дорожки определяется с высокой точностью, которая соответствует длительности τ_i сжатого сигнала S_i , а точность азимутальной координаты α_{1i} - соответствует на ширине диаграммы направленности $\Delta\theta_1$ для антенны МБРЛС₁ направленной в ПЗО, и для МБРЛС₂ линейное разрешение $\Delta\alpha$ соответствует α_{2i} длине текущей синтезированной апертуры.

4. Далее по беспроводным каналам связи осуществляют обмен данными, а именно расстояние d между МБРЛС, (R_1 , α_1) от МБРЛС₁ и (R_2 , α_2) от МБРЛС₂, после чего осуществляют определение реальных и ложных позиций радиоконтрастных совместных элементов (РСЭ), находящихся в ПЗО в ПСК каждой МБРЛС, при этом все определенные РСЭ записываются в пиксельную матрицу P_u с присвоением каждому РСЭ коэффициента значимости e_r , которые записывают в матрицу обнаружения D_c , то есть на каждом периоде приема сигнала формируют следующее текущие выходные данные, а именно матрицы пикселей с их привязкой к локальным ПСК каждой МБРЛС: P_{u1} , P_{u2} , ..., P_{uN} и матрицы обнаружения РСЭ D_{c1} , D_{c2} , ..., D_{cN} .

5. По мере повышения азимутального разрешения каждого синтезированного кадра P_{u1} , P_{u2} , ..., P_{uN-1} часть ложных РСЭ в матрице обнаружения D_c устраняться естественным образом, за счет повышения азимутального разрешения, то есть пересечений дорожек дальностей ставится меньше, а, следовательно, меньше ложных РСЭ.

6. Во время формирования промежуточных кадров $\mathbf{P} = P_{u1}, P_{u2}, \dots, P_{uN-1}$ сторонней МБРЛС₂ с грубым азимутальным разрешением осуществляют их накопление в структуру данных $\mathbf{P}$, и при этом также осуществляют накопление матриц обнаружения РСЭ в структуру $\mathbf{D} = D_{c1}, D_{c2}, \dots, D_{cN}$.

7. Осуществив накопление достаточного набора матриц в структуры $\mathbf{P}$ и $\mathbf{D}$, далее вычисляют итоговые коэффициенты для РСЭ с одними и теми же координатами, на основе чего принимают решение о реальности или ложности РСЭ.

8. При этом, в процессе формирования РЛК, азимутальное положение $\alpha_{\partial 1}, \alpha_{\partial 2}, \alpha_{\partial 3}, \dots, \alpha_{\partial N-1}$ движущихся РСЭ будет сдвинуто по азимуту относительно своего реального положения на крайних кадрах $P_{uN-3}, P_{uN-2}, P_{uN-1}$ (которые имеют высокое азимутальное разрешение), при этом у первых кадров $P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}, \dots$, и т.д. сдвиг по азимуту отсутствует, а азимутальное положение обнаруженных РСЭ $\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \alpha_{k3} \dots$ определяется корректно за счет наличия трех дальностей R_1, R_2 и d .

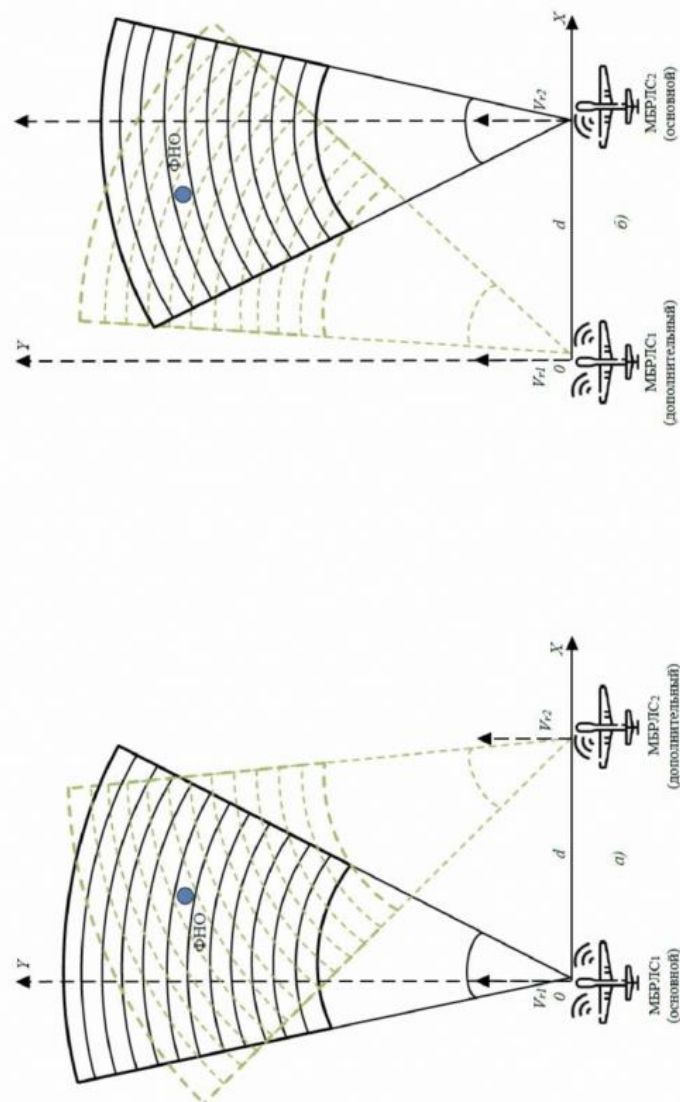
9. После чего оценивают динамику нарастания разницы между азимутами массивов для каждого РСЭ α_{ki} и α_{di} , на основе которой осуществляют их селекцию еще до конца формирования итогового РЛК по данным от полной апертуры.

10. При этом если разница азимутов $\alpha_{ki} - \alpha_{di} \approx 0$, то РСЭ присваивается признак, что он неподвижен, в противном случае присваивается признак того, что он является движущимся, азимутальную позицию которого требуется уточнить для коррекции его положения на реальное.

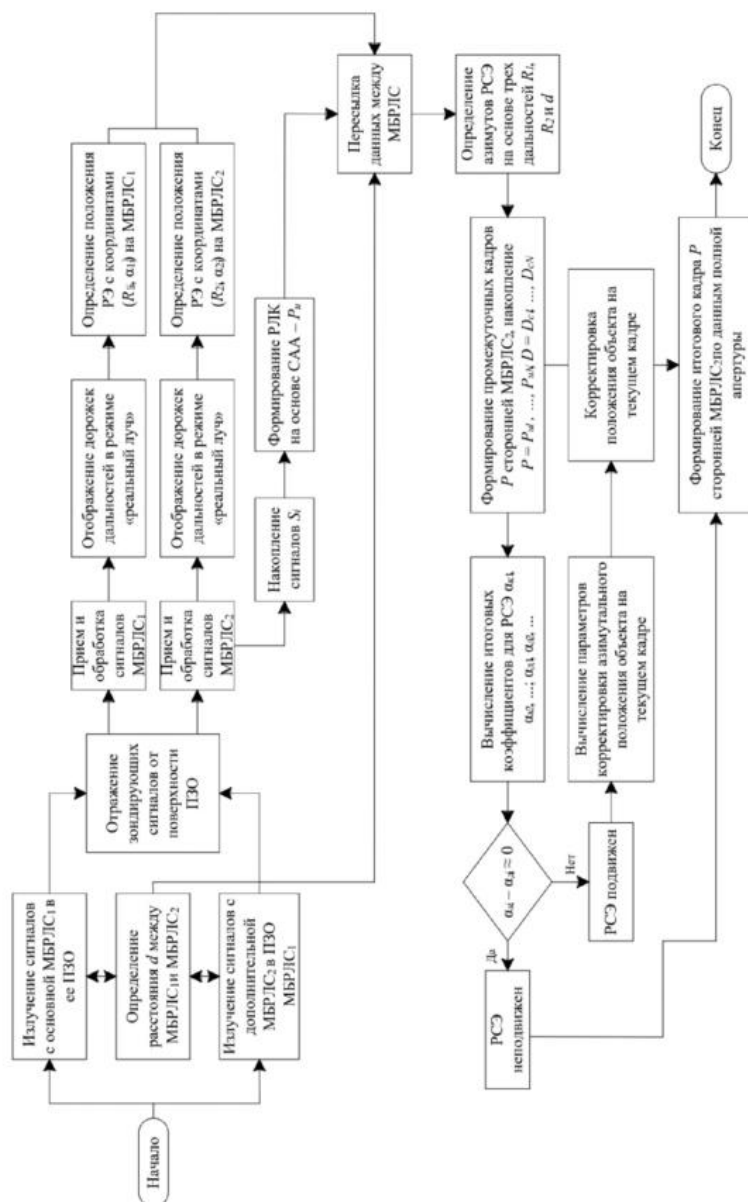
Формула изобретения

Способ обнаружения, определения координат и селекции объектов в передних зонах обзора малогабаритных бортовых РЛС двухпозиционной системы, заключающийся в синхронном облучении участка исследуемой поверхности двухлучевыми антеннами с фазированными антенными решетками основной и дополнительной малогабаритных бортовых радиолокационных станций (МБРЛС), которые установлены на движущихся параллельными курсами на одной высоте малых летательных аппаратах (МЛА), при этом левый луч антенны основной МБРЛС и правый луч антенны дополнительной МБРЛС ориентированы вдоль векторов путевой скорости соответствующих МЛА и облучают переднюю зону обзора, одновременно правым лучом антенны основной МБРЛС облучают область переднего обзора правого луча антенны дополнительной МБРЛС, левым лучом которой облучают область переднего обзора левого луча антенны основной БРЛС, отличающийся тем, что на каждом периоде зондирования излучают маркированные импульсные сигналы Sz_i с первой (основной) МБРЛС (МБРЛС₁) и со второй (дополнительной) МБРЛС (МБРЛС₂), которые отражаются от поверхности передней зоны обзора (ПЗО) и поступают в антенны и приемные устройства той МБРЛС, с которой было осуществлено их излучение, далее, пройдя высокочастотную обработку в аналоговой части приемника, поступают на аналогово-цифровой преобразователь, после чего в вычислителе осуществляется их накопление S_j , затем по ним формируют текущие радиолокационные кадры (РЛК) с грубым разрешением по данным текущей синтезированной субапертуры Su_j , при этом параллельно реализуют отображения дорожек дальностей, где в каждой дорожке выполняют процесс обнаружения их радиоконтрастных элементов (РЭ) РЛК с координатами дальности R_j , азимута α_j , далее по беспроводным каналам связи осуществляют обмен данными, а именно расстояние d между МБРЛС, (R_1, α_1) от МБРЛС₁ и (R_2, α_2) от МБРЛС₂, после чего осуществляют определение реальных и ложных позиций радиоконтрастных совместных элементов (РСЭ), находящихся в ПЗО, в полярной системе координат каждой МБРЛС, при этом на каждом периоде приема сигнала все определенные РСЭ записываются в пиксельную матрицу P_{ui} с присвоением каждому РСЭ коэффициента значимости e_j , которые записывают в матрицу обнаружения D_{ci} , далее по мере повышения азимутального разрешения каждого синтезированного кадра $P_{u1}, P_{u2}, \dots, P_{uN-1}$ часть ложных РСЭ в матрицах обнаружения РСЭ $D_{c1}, D_{c2}, \dots, D_{cN}$ устраняется за счет повышения азимутального разрешения, то есть пересечений дорожек дальностей становится меньше, а, следовательно, меньше ложных РСЭ, во время формирования промежуточных кадров матрицы пикселей $P_{u1}, P_{u2}, \dots, P_{uN-1}$ посредством МБРЛС₂ с грубым азимутальным разрешением осуществляют их

накопление в структуру данных P , и при этом также осуществляют накопление матриц обнаружения РСЭ в структуру $D=D_{c1}, D_{c2}, \dots, D_{cN}$, осуществив накопление набора матриц в структуры P и D , вычисляют итоговые коэффициенты для РСЭ с одними и теми же координатами, на основе чего принимают решение о реальности или ложности РСЭ, при этом, в процессе формирования РЛК, азимутальное положение $\alpha_{d1}, \alpha_{d2}, \alpha_{d3}, \dots, \alpha_{dN-1}$ движущихся РСЭ будет сдвинуто по азимуту относительно своего реального положения на крайних кадрах $P_{uN-3}, P_{uN-2}, P_{uN-1}$, при этом у первых кадров $P_{u1}, P_{u2}, P_{u3}, \dots$ и т.д. сдвиг по азимуту отсутствует, а азимутальное положение обнаруженных РСЭ $\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \alpha_{k3}, \dots$ определяется корректно за счет его определения по трем дальностям R_1, R_2 и d , после чего оценивают динамику нарастания разницы между азимутами массивов для каждого РСЭ α_{ki} и α_{di} , на основе которой осуществляют их селекцию еще до конца формирования итогового РЛК по данным от полной апертуры, при этом если разница азимутов $\alpha_{ki}-\alpha_{di} \approx 0$, то РСЭ присваивается признак, что он неподвижен, в противном случае присваивается признак того, что он является движущимся, азимутальную позицию которого требуется уточнить для коррекции его положения на реальное.



Фиг. 1



Фиг. 2