

УДК 681.51

О.С. Бодяк

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## МЕТОД МНОГОПОТОЧНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИРАДАРНОЙ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ В СИСТЕМАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*В статье предложен метод многопоточной реализации мультирадарной траекторной обработки радиолокационной информации, который выполняет разделение источников радиолокационной информации между потоками обработки входных данных таким образом, чтобы сохранить принципы совместной обработки данных и обеспечить требуемую производительность алгоритма траекторной обработки. Метод предназначен для использования в перспективных системах сбора и обработки радиолокационной информации, строящихся на базе современных вычислительных средств.*

**Ключевые слова:** система сбора и обработки радиолокационной информации, мультирадарная обработка, параллельные вычисления.

### Введение

**Актуальность.** Автоматизированная система сбора и обработки радиолокационной информации представляет собой радиолокационную систему, включающую в свой состав несколько независимых и, в общем случае, разнотипных радиолокационных станций (РЛС) обзорного типа и пункт сбора и обработки радиолокационной информации (ПОРИ). Каждая РЛС в каждом цикле обзора пространства автоматически выдает данные о координатах наблюдаемых объектов (цифровые отметки). В радиолокационной системе проводится обнаружение и сопровождение траекторий целей, оценивание координат и параметров их движения, а также объединение данных нескольких РЛС, т.е. траекторная обработка информации. Известно, что условием оптимальности алгоритмов траекторной обработки данных в рассматриваемых системах является реализация принципа совместной обработки информации от всех источников [1, 2].

Для повышения эффективности траекторной обработки в современных и разрабатываемых перспективных системах используют метод совместной мультирадарной обработки. Суть метода состоит в реализации совместного решения задач завязки, обнаружения и сопровождения траектории объекта по данным (отметкам) всех РЛС, которые наблюдают объект на конкретном интервале времени.

При реализации предлагаемого метода обработку радиолокационной информации с РЛС переносят на пункт сбора и обработки радиолокационной информации, где и осуществляется совместная обработка данных от всех РЛС.

При этом требования к вычислительным ресурсам пункта сбора и обработки радиолокационной информации повышаются.

Кроме того, требования по количеству одновременно подключаемых РЛС и обрабатываемых воздушных объектов в таких системах с развитием техники также повышаются. При этом при реализации таких систем приходится сталкиваться с обработкой многомерных данных. Таким образом, несмотря на развитие вычислительных возможностей современных ЭВМ классическая линейная реализация совместной мультирадарной обработки затруднена. Необходимо разделение этого процесса на параллельно выполняющиеся подпроцессы.

Предлагается альтернативный подход к реализации мультирадарной траекторной обработки информации с разделением вычислений на потоки.

**Анализ литературы.** Разработке метода мультирадарной траекторной обработке радиолокационной информации посвящен ряд работ, например, [1 – 4 и др.].

Для практической реализации в них предлагается вводить ограничения на количество обрабатываемых воздушных объектов либо увеличивать количество ПОРИ. Современная вычислительная техника, достигнув предела скорости вычислений, сегодня развивается по пути наращивания ядер и процессоров. Учитывая эти особенности, возможно реализовывать более сложные вычислительные задачи.

В ряде работ [например, 5, 6] приводятся методы построения параллельных вычислений. Использование таких методов позволит реализовать мультирадарную траекторную обработку информации с разделением вычислений на потоки.

**Цель статьи.** Разработка метода многопоточной реализации мультирадарной траекторной обработки для обеспечения требуемых параметров траекторной обработки в системах сбора и обработки радиолокационной информации.

## Основной материал

Распараллеливание мультирадарной траекторной обработки радиолокационной информации возможно провести по двум основным направлениям:

- распараллеливание этапов обработки;
- разделение данных для обработки.

Параллельное выполнение разных этапов обработки имеет ряд недостатков: необходимость синхронизации потоков, работа с большими массивами данных на каждом этапе, что не позволяет существенно сократить время всего цикла обработки.

Параллельная обработка данных напротив имеет ряд преимуществ: независимая обработка данных в каждом потоке, резкое сокращение объема массивов данных за счет их разделения между потоками обработки.

Таким образом, предлагается реализация нескольких полных циклов обработки с разделением входных данных между ними. Необходимо определить, с помощью какого метода выполнять разделение данных между потоками.

Имеем поток входных данных (сообщений)

$$M = (m_1, \dots, m_n)$$

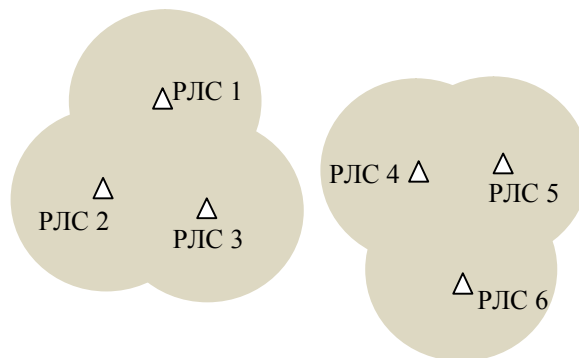


Рис. 1 Разбиение воздушного пространства на зоны путем группирования источников радиолокационной информации

Для решения данной задачи возможно применение методов кластерного анализа [7, 8], основанных на критерии минимума расстояния между объектами.

Процедуру разбиения множества источников радиолокационной информации на кластеры можно представить следующим образом.

Пусть заданы координаты  $(x, y)$  и максимальная дальность  $D_{\max}$  обнаружения для каждого источника из множества  $S$ .

Тогда расстояние  $L$  между парой источников  $S_i$  и  $S_j$  будет равно

$$L_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2.$$

Формирование групп  $G$  выполняется по следующему правилу

$$L_{ij} < D_{\max_i} + D_{\max_j} - R, \quad S_i \in G_k, S_j \in G_k, \quad (1)$$

от множества источников радиолокационной информации

$$S = (s_1, \dots, s_m).$$

При этом логично разделить поток данных  $M_i, i = \overline{1, m}$  на группы от каждого источника радиолокационной информации. Однако такой подход сведет мультирадарную обработку к вторичной и лишит нас основного преимущества мультирадарной обработки – совместной обработки данных.

Следовательно, необходимо выполнить разделение массива источников радиолокационной информации  $S$  на следующие независимые подмножества

$$G_j \in G, j = \overline{1, k}.$$

Анализ входных данных  $M$ , характеристик источников  $S$  показывает, что разделение данных на группы возможно по пространственному принципу, т.е. по местоположению.

Таким образом, производится разбиение воздушного пространства, в котором выполняется обработка радиолокационной информации, на некоторые зоны (рис. 1).

где  $G_k$  –  $k$ -ая группа источников радиолокационной информации;  $R$  – заранее установленное значение строга, характеризующее степень пересечения радиолокационных полей источников радиолокационной информации.

При решении задачи возможно введение следующих ограничений в зависимости от кучности точек стояния источников радиолокационной информации:

выражению (1) удовлетворяют все источники, входящие в группу или хотя-бы одна пара;

количество источников в группе может быть ограничено заранее установленным максимальным числом источников в группе.

Решающее правило (1) формирования групп может быть дополнено дополнительными условиями, в зависимости от особенностей группировки источников радиолокационной информации.

Недостатком применения данного метода является необходимость объединения траекторий воздушных объектов, сформированных потоками мультирадарной обработки, т.е. выполнение третичной обработки.

Современные пункты сбора и обработки радиолокационной информации удовлетворяют требованиям приема и обработки как отметок, так и траекторий воздушных объектов, поступающих от РЛС. Таким образом, алгоритм третичной обработки является необходимой составляющей пункта сбора и обработки радиолокационной информации и дополнительных затрат на его реализацию не требуется.

Практическая реализация метода выполнена на языке C++ под управлением операционной системы Linux. Тестирование программы выполнялось на ЭВМ, построенной на базе процессора Intel XEON. Программа обеспечила обработку радиолокационной информации от 64 РЛС с темпом обзора 10 секунд по 200 воздушным объектам от каждого источника.

## Выводы

Предложенный метод многопоточной реализации мультирадарной траекторной обработки радиолокационной информации выполняет разделение источников радиолокационной информации между потоками обработки входных данных таким образом, чтобы сохранить принципы совместной обработки данных и обеспечить требуемую производительность алгоритма траекторной обработки.

Практическая реализация метода показала, что на ЭВМ с 8-ми ядерным процессором обеспечивается выполнение обработки радиолокационной информации от 64 РЛС по 200 воздушным объектам от каждого источника.

Использование предложенного метода возможно в перспективных системах сбора и обработки радиолокационной информации, строящихся на базе современных вычислительных средств.

## Список литературы

1. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация / С.З. Кузьмин. – К.: КВЦ, 2000. – 428 с.
3. Объединение радиолокационной информации в многопозиционных активно-пассивных комплексах в условиях неопределенности наблюдения объектов / В.М. Грачев, А.В. Довбня, С.Н. Анастасенко, Р.В. Сафронов // Системы обработки информации. – Х: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 2001. – Вып. 5(15). – С. 64-68.
4. Грачев В.М. Метод и алгоритм мультирадарной траекторной обработки радиолокационной информации в системе независимых радиолокационных станций / В.М. Грачев, А.В. Довбня // Радиотехника: всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – Х: ХНУРЕ, 2006 – Вып. 147. – С. 9-16.
5. Грегори Р. Эндрюс Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования / Грегори Р. Эндрюс. – М: Изд. дом "Вильямс", 2003. – 512 с.
6. Богачев Н.Ю. Основы параллельного программирования. – М., "Бином", 2003. – 320 с.
7. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МО Украины, НАН Украины, НИЦ ВСУ Украины «Государственный океанариум», 2004. – 318 с.
8. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / О.Дж. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

Поступила в редколлегию 2.09.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц. А.И. Тимочко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И.Кожедуба, Харьков.

## МЕТОД БАГАТОПОТОКОВОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ МУЛЬТИРАДАРНОЇ ТРАЕКТОРНОЇ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

О.С. Бодяк

*У статті запропоновано метод багатопотокової реалізації мультирадарної траекторної обробки радіолокаційної інформації, який виконує поділ джерел радіолокаційної інформації між потоками обробки вхідних даних таким чином, щоб зберегти принципи спільної обробки даних і забезпечити необхідну продуктивність алгоритму траекторної обробки. Метод призначений для використання в перспективних системах збору й обробки радіолокаційної інформації, що будуються на базі сучасних обчислювальних засобів.*

**Ключові слова:** система збору та обробки радіолокаційної інформації, мультирадарна обробка, паралельні обчислення.

## METHOD OF MULTITHREADING IMPLEMENTATION OF MULTIRADAR TRAJECTORY PROCESSING IN RADIOLOCATION INFORMATION COLLECTING AND PROCESSING SYSTEMS

O.S. Bodiak

*This article presents the method of multithreading implementation of multiradar trajectory radiolocation information processing that divides radiolocation information sources between processing input data streams to preserve the joint data processing and principles to provide the necessary trajectory processing algorithm productive capacity. The method is assigned for use in perspective systems of radiolocation information collecting and processing, based on modern calculation devices.*

**Key words:** radiolocation information collecting and processing systems, multiradar processing, parallel calculations.