

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕБАЙЕСОВСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЭТАПА ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.С. СОЛОНАР, А.А. МИХАЛКОВСКИЙ

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»  
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь  
mikh.tech@mail.ru*

Одним из главных требований, предъявляемых к современным радиолокационным станциям (РЛС) в нынешнее время, является автоматизация процесса обнаружения и сопровождения траекторий летательного аппарата (ЛА). За это отвечает вторичная обработка радиолокационной информации (ВОИ). Она включает следующие этапы: отождествление принятых отметок с уже сопровождаемыми траекториями; обнаружение новых траекторий; фильтрация координат и параметров траекторий; сброс траекторий.

*Ключевые слова:* вторичная обработка радиолокационной информации, задача отождествления, задача распределения ресурсов.

Обработку радиолокационной информации (РЛИ) делят на два этапа: первичную (сигнальную) и вторичную (траекторную). Задачей первого этапа является получение оценок координат летательного аппарата (ЛА) в текущий момент времени. Второго – является автоматизация обработки РЛИ, путем объединения оценок координат в разные моменты времени, и получение оценок параметров движения ЛА [1, 2].

При сопровождении летательного аппарата в сложной помеховой обстановке, когда большая вероятность пропуска траектории или завязки ложных траекторий наиболее сложным этапом вторичной обработки в плане математического описания и вычислительных затрат является отождествление принятых отметок с уже сопровождаемыми траекториями. На этом этапе проверяются гипотезы о попадании обнаруженных отметок в стробы траекторий и распределение этих отметок по траекториям [3].

Алгоритмы решения задачи отождествления делятся на байесовские и небайесовские. Байесовский метод подразумевает под собой учет априорной информации о вероятности гипотез отождествления [4]. Небайесовские методы применяются для принятия решения об отождествлении на текущем шаге наблюдения, а байесовские – за несколько шагов.

Задачу отождествления можно сравнить с задачей распределения ресурсов из класса задач линейного программирования. Основными методами решения этих задач являются: метод прямого перебора; венгерский метод; метод аукциона; метод Мака; метод JV, метод Jonker-Volgenant-Castanon (JVC) [5].

Согласно публикациям в зарубежной и отечественной литературе при решении задач распределения ресурсов широкое распространение получил венгерский метод [5, 6]. Разработанный Куном в 1955 году, но он применим только к матрицам стоимости, где равное количество потребителей и ресурсов. Венгерский метод основан на последовательности нетривиальных комбинаторных свойствах матриц. Его довольно трудно программировать [7]. Метод является относительно точным, но требует много времени на решение, так как необходимо предварительно преобразовывать исходную матрицу стоимости. Более быстрым по времени является метод Мака. Его предложил К. Мак в

1969 году. Он имеет преимущества, так как это логический процесс и может применяться к матрицам стоимости, где не равное количество потребителей и ресурсов [5, 7]. Данный метод сопоставим по точности с венгерским методом, но не требует начальных преобразований над матрицей стоимости, за счет чего выигрывает время. В 1987 году алгоритм Мака был доработан Джонкером и Вольгенатом, что увеличило его быстродействие, данный алгоритм получил имя JV [5]. В это же время Бертсекас предлагает алгоритм аукциона [5], как альтернативу существующих методов. Этот метод является интуитивным. Как показала практика, он не очень точен, но время, затраченное на решение очень мало по сравнению с другими методами [5]. Так же данный метод, возможно, распараллелить [5, 8]. В его основе лежит правило реального аукциона, только в нашем случае вместо покупателей – траектории, вместо товара – отметки. Так как аукцион не всегда работоспособен, из-за того, что может заикливаются в области локального максимума. Применяется комбинированный аукцион, который является объединением алгоритмов прямого и обратного аукционов [8]. В доступной литературе особенности реализации данного метода не освещены.

Для оценки эффективности работы алгоритмов распределения ресурсов осуществлялось их сравнение. Для этого была разработана математическая модель, которая включала: блок формирования входного воздействия; блок отбора отметок и расчета логарифма отношения правдоподобия; блок алгоритмов отождествления; блок оценки показателей качества.

В докладе представлены результаты проведения математического моделирования для алгоритма комбинированного аукциона, венгерского метода, метода Мака и JV. Даны рекомендации по применению алгоритмов и особенности их реализации.

#### Список литературы

1. *Фарина А., Студер Ф.* Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993.
2. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Под ред. Ширмана Я.Д. М. 2007.
3. *Кузьмин С.З.* Цифровая радиолокация. Введение в теорию. Киев: Издательство КвіЦ. 2000 с.
4. *Бочкарев А.М., Юрьев А.Н., Долгов М.Н., Щербинин А.В.* // Радиотехника. 1991. №3. С.3 – 22.
5. *Blackman S.* Design and analysis of modern tracking systems. Boston, London: Artech House. 1999.
6. *Юдин Д.Б.* Задачи и методы линейного программирования М.: Советское радио, 1961.
7. *Банди Б.* Основы линейного программирования. Пер. с англ. М.: Радио и связь., 1989.
8. *Bertsekas D. P.* // Computational Optimization and Applications. 1992. Vol. 1. P. 7-66.