

УДК 621.396.96

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПРИТЯЖЕНИЯ ПРИ ТРЕТИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

В.А. АПОРОВИЧ, А.В. ШЕВЧЕНКО

ОАО «АГАТ-системы управления» – управляющая компания холдинга
«Геоинформационные системы управления»
пр. Независимости, 117, Минск, 220114, Беларусь

Поступила в редакцию 26 февраля 2016

Одной из главных проблем, возникающих при обработке траекторий (особенно, групп траекторий), поступающих от различных радиолокационных станций, является правильное их отождествление. Предложенный алгоритм основан на принципе притяжения по аналогии с физическим явлением притяжения заряженных частиц. Моделирование показывает, что вероятность правильного отождествления для данного алгоритма существенно выше, чем для известного метода.

Ключевые слова: третичная обработка, радиолокационная информация, групповое сопровождение, отождествление траектории, метод притяжения.

Введение

В радиолокационных системах, включающих несколько радиолокационных станций (РЛС), появляется специфическая задача обработки информации, связанная с объединением (обобщением) информации об одних и тех же целях, поступающих от нескольких источников – РЛС. Решение этой задачи в автоматизированной радиолокационной системе называется третичной обработкой информации [1]. Одной из операций третичной обработки радиолокационной информации (РЛИ) является отождествление траекторий, полученных от различных источников, как принадлежащих одной цели. В существующих системах, на каждом цикле поступления РЛИ от очередной (последней) РЛС, отождествление осуществляется в два этапа [2, 3]:

- экстраполяция сопровождаемых обобщенных траекторий на время локации траекторий, полученных от последней РЛС;
- привязка экстраполированных траекторий к траекториям последней РЛС.

В настоящее время качество отождествления при сопровождении групп целей остается неудовлетворительным, особенно когда расстояние между целями в группе соизмеримо со среднеквадратичной ошибкой (СКО) измерения их координат [2, 4]. Особую сложность представляет отождествление группы маневрирующих целей: вследствие близкого взаимного расположения целей высока вероятность перепутывания траекторий.

В работе [5] описан эффективный алгоритм отождествления траекторий и отметок при вторичной обработке РЛИ, основанный на методе притяжения. В данной статье предложено использовать метод притяжения для третичной обработки РЛИ.

Способ решения задачи

Предлагаемый алгоритм отождествления траекторий использует основные принципы метода притяжения [5]. Будем рассматривать систему всех траекторий, обобщенных и вновь полученных, как электромеханическую систему, в которой обобщенные траектории имеют положительный заряд, а траектории от РЛС имеют отрицательный заряд. По аналогии с

физическим процессом отрицательные траектории притягиваются к положительным траекториям и одновременно отталкиваются друг от друга, что приводит к их условному движению относительно друг друга. Притяжение приводит к сближению обобщенных и новых траекторий (от РЛС), а отталкивание не дает им перепутаться. После взаимных перемещений новых и старых (обобщенных) траекторий, можно отождествить их известным методом, например, венгерским [4, 5].

Алгоритм

Процесс представляем в виде последовательного отождествления K имеющихся обобщенных траекторий и вновь поступивших. Если считать, что имеющиеся траектории являются результатом их поступления от предыдущей РЛС, а вновь поступившие – от последней РЛС, то период между ними будет обзором T .

Данный алгоритм, в отличие от [5], учитывает то, что новая информация – это не отметка, а траектория, т.е. имеющая свои значения составляющих скорости. Чтобы учесть это, в предложенном алгоритме составляющим скоростей искусственно меняем знак на противоположный. Это приводит к тому, что при пошаговой экстраполяции имеющиеся и вновь поступившие траектории двигаются навстречу друг другу.

В предложенном алгоритме на первом шаге используем алгоритм из [5] с имеющимися траекториями, а вновь поступившие траектории считаем отметками (т.е. без учета их скоростей). Получаем экстраполированные отметки (ЭО) с имеющейся стороны. На следующем шаге траекториями считаем вновь поступившие (но с противоположными по знаку скоростями), а отметками считаем ЭО имеющейся (ЭОИ) стороны. Получаем ЭО с поступившей (ЭОП) стороны. Далее траекториями считаем ЭОИ, и ЭОП – отметками. И так до исчерпания всех заданных шагов за период T . Процесс пошагового построения экстраполированных траекторий показан на рис. 1.

После завершения процесса по шагам, производится отождествление ЭОИ и ЭОП по минимуму суммарного расстояния между ними [6].

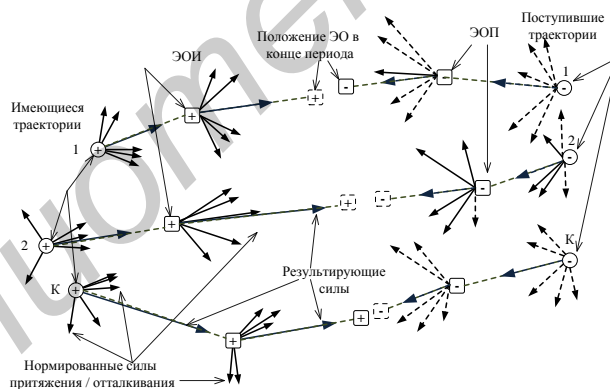


Рис. 1. Процесс пошагового построения экстраполированных траекторий

Моделирование

Для оценки эффективности предложенного алгоритма проведено моделирование:

- 1) предложенного метода;
- 2) известного метода отождествления при третичной обработке РЛИ [6].

Моделирование проводилось при следующих условиях:

- алгоритмы реализованы в двухмерной системе координат (X, Y) ;
- для известного метода использовалась линейная экстраполяция (результаты [5] показали, что квадратичная экстраполяция дает заведомо худшие результаты, чем линейная);
- после завершения каждого обзора, поступившие траектории считались имеющимися (обобщенными);
- моделировалась одновременная работа двух РЛС: РЛС 1 и РЛС 2.

Моделировалось движение группы из K траекторий при маневре типа «змейка» с боковым сдвигом на расстояние ΔS . Скорость группы $V = 500$ м/с, период обзора каждой из двух РЛС $T = 10$ с, количество обзоров $N = 200$. Моделирование проводилось при различных дистанциях между целями ΔD , для различных боковых сдвигов (маневров) ΔS , для различных среднеквадратических ошибок (СКО) измерения РЛС σ . На рис. 2 и рис. 3 показаны соответственно первый и второй режимы взаимной работы РЛС.

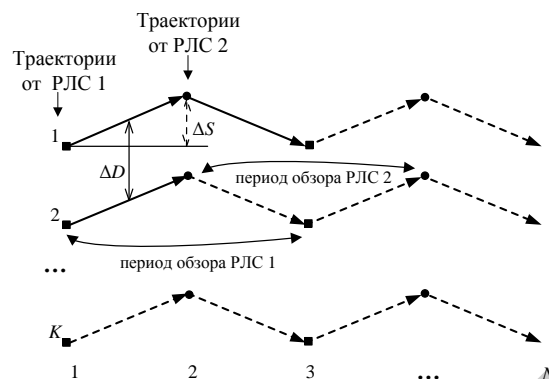


Рис. 2. Первый режим взаимной работы РЛС

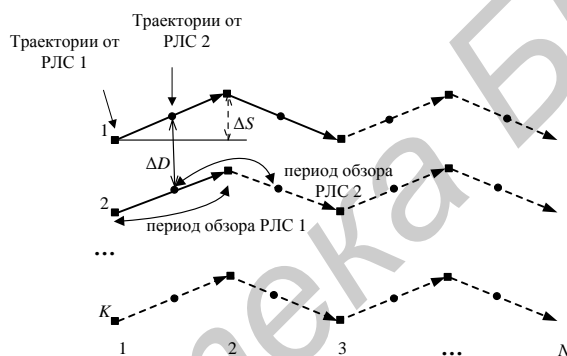


Рис. 3. Второй режим взаимной работы РЛС

При моделировании метода притяжения, в конце периода, отождествление ЭОИ и ЭОП осуществлялось по минимуму суммарного расстояния между ними: $D_1 = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2}$, где $\Delta X_1 = X_{ЭОП} - X_{ЭОИ}$; $\Delta Y_1 = Y_{ЭОП} - Y_{ЭОИ}$; $X_{ЭОП}$ – координаты X, Y ЭОП; $X_{ЭОИ}$ – координаты X, Y ЭОИ. При использовании данной формулы для метода притяжения были получены наилучшие результаты. В известном алгоритме отождествление имеющихся и поступивших траекторий осуществлялось на каждом обзоре по минимуму приведенного расстояния между ними [3].

$$D_2 = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\sigma_\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\sigma_\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_x}{\sigma_{V_\Sigma}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_y}{\sigma_{V_\Sigma}}\right)^2},$$

$\Delta X = X_\Sigma - X_n$; $\Delta V_x = V_{x\Sigma} - V_{xn}$; $\Delta Y = Y_\Sigma - Y_n$; $\Delta V_y = V_{y\Sigma} - V_{yn}$, где X_Σ, Y_Σ – координаты линейно экстраполированной имеющейся траектории на момент поступившей; X_n, Y_n – координаты поступившей траектории; $V_{xn}, V_{yn}, V_{x\Sigma}, V_{y\Sigma}$ – составляющие скорости имеющейся и поступившей траектории.

$$\text{Суммарная СКО по координатам: } \sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma^2 + (\sigma_v \cdot T_\Pi)^2}.$$

$$\text{СКО по скорости [1]: } \sigma_{V_\Sigma} = \sqrt{2}\sigma_v; \sigma_v = \sqrt{2} \frac{\sigma}{T_\Pi}; T_\Pi = \frac{T}{2}.$$

Эффективность отождествления оценивалась вероятностью правильного отождествления P . Данная вероятность определялась как отношение количества отождествлений одних и тех же пар «траектория–траектория» по данным от двух РЛС к общему количеству обзоров [5].

Результаты

На рис. 4, 5 приведены графики зависимостей вероятности правильного отождествления P от различных параметров для первого и второго режимов.

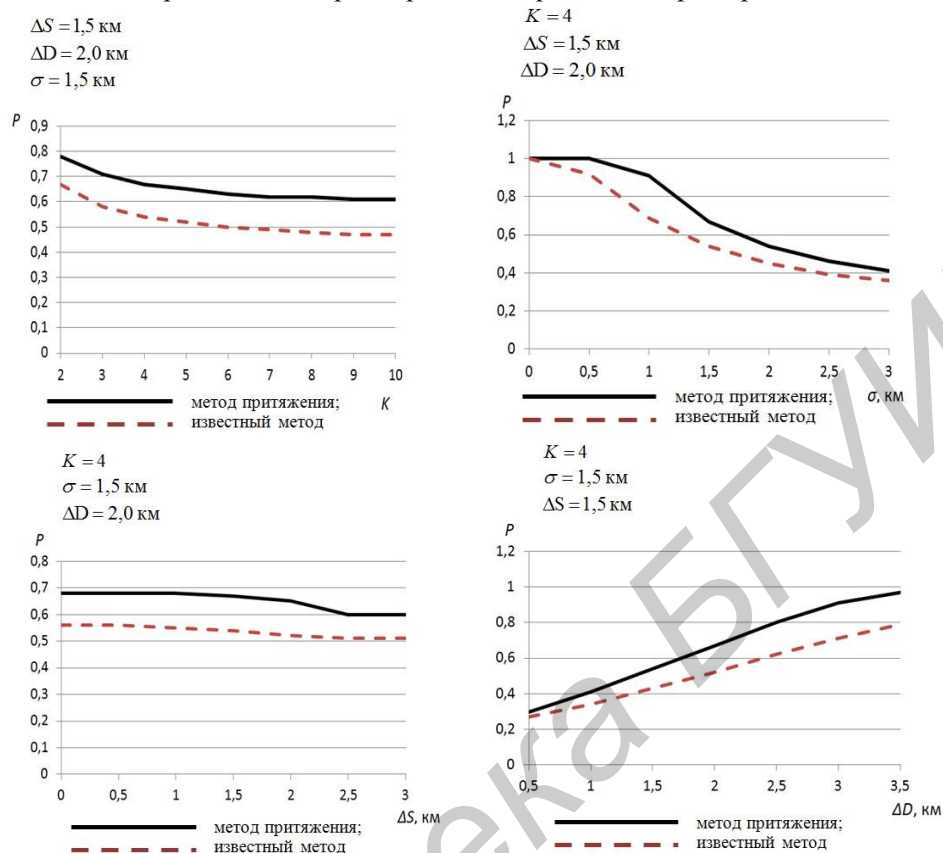


Рис. 4. Графики зависимостей вероятности правильного отождествления; первый режим

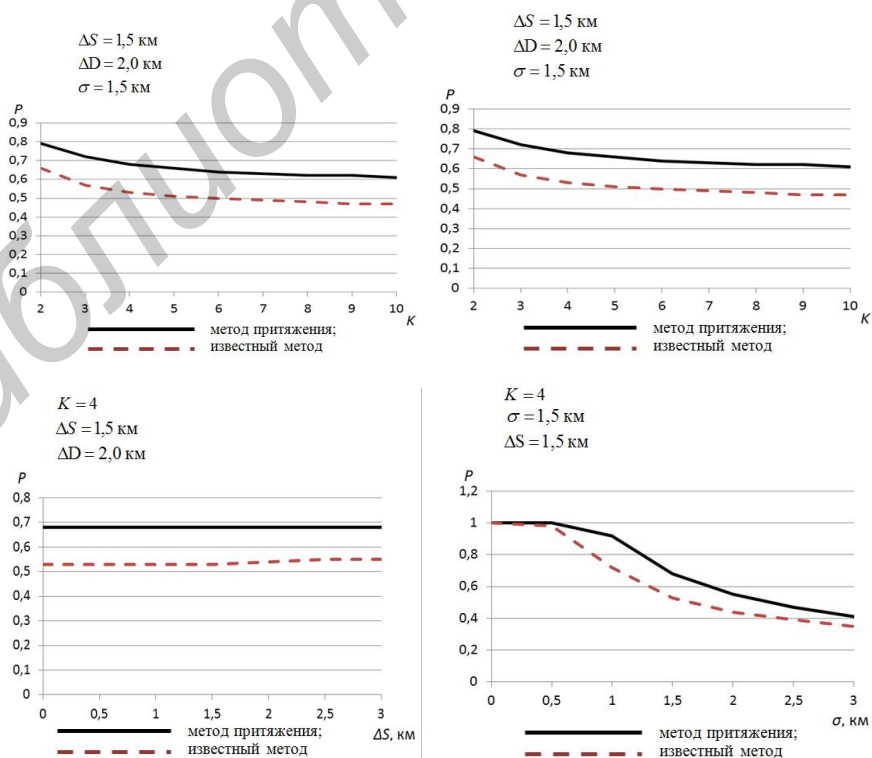


Рис. 5. Графики зависимостей вероятности правильного отождествления; второй режим

Проведено сравнение качества отождествления в случае использования методов притяжения и известного. При сравнении использовались всевозможные комбинации условий, такие как различные ошибки РЛС, количество сопровождаемых траекторий, различные расстояния сдвига при совершении маневров, различные расстояния между целями в группе. При изменении условий проведения опытов различным образом и в различных комбинациях для двух режимов работы РЛС, существенное превосходство метода притяжения над известным методом сохраняется – вероятность правильного отождествления для метода притяжения больше.

Заключение

Предложенный алгоритм отождествления траекторий при третичной обработке РЛИ основывается на принципе притяжения по аналогии с физическим явлением притяжения заряженных частиц, по аналогии с [5].

Значения вероятностей правильного отождествления, рассчитанные для предложенного алгоритма, превосходят значения, рассчитанные для известного метода при отождествлении траекторий, что показывает высокую эффективность предложенного метода притяжения и позволяет рекомендовать новый метод для использования при третичной обработке РЛИ.

CORRELATION OF TRACKS FROM DIFFERENT RADARS IN INFORMATION PROCESSING BY ATTRACTION METHOD

U.A. APAROVICH, A.V. SHEVCHENKO

Abstract

One of the main problems in the processing of tracks from different radars is the correct correlation of tracks (especially groups of tracks). The proposed algorithm is based on the principle of gravity by analogy with the physical phenomena of charged particles attraction. Modeling shows that probabilities of correct identification calculated according to this algorithm significantly higher than the values calculated by the known method.

Keywords: tertiary treatment, radar information, group tracking, correlation of tracks, attraction method.

Список литературы

1. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации. М., 1974.
2. Blackman S., Popoli R. Design and Analysis of Modern Tracking Systems. Boston, London, 1999.
3. White M.J.//GEC Jornal of Research. Incorporating the Marconi Review. 1986. Vol. 4, № 4, P. 260–269.
4. Minvielle P. // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2005. Vol. 20, № 8. CF 1–14.
5. Апарович В.А., Бондаренко Р.В. // Докл. БГУИР. 2014. № 4. С. 35–41.
6. Романов А.Н., Фролов Г.А. Основы автоматизации систем управления. М., 1971.