

УДК 621.396.96

Исследование алгоритма завязки и подтверждения траекторий по критерию М из N

*Чернова Т.С., студент
кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Семёнов А.Н.,
ассистент преподавателя кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
main@rl1-11.bmstu.ru*

Обработку радиолокационной информации делят на первичную и вторичную. Устройство первичной обработки решает задачи обнаружения и измерения координат мгновенного положения цели относительно РЛС в каждом периоде обзора [1]. Вторичная, или траекторная обработка (ТО), выполняется после первичной и заключается в решении задачи обнаружения траектории цели и оценки её параметров.

Структурная схема наиболее распространенной модификации алгоритма ТО приведена на рис. 1. Алгоритм включает в себя операции, которым соответствуют следующие блоки: блок экстраполяции (Э), блок селекции (С), блок обнаружения-сброса траекторий (О-С), блок оценки траекторных параметров (О), блок завязки траекторий (З), база траекторных данных (БТ) [2].

Работа алгоритма ТО начинается с поступления на вход отсчётов первичной обработки. В блоке экстраполяции параметры предварительных траекторий, пересчитываются на текущий момент времени и представляются в виде экстраполированных траекторных параметров и соответствующих экстраполированных параметров отсчётов. Задачей блока селекции является отбор отметок для продолжения каждой из находящихся в обработке траекторий. Дальнейшая процедура завязки согласно выбранной логике формирует совокупность всех возможных траекторий для данного временного отсчета. Завязанные траектории затем верифицируются параллельными цепочками блоков обнаружения-сброса и оценки траекторных параметров.

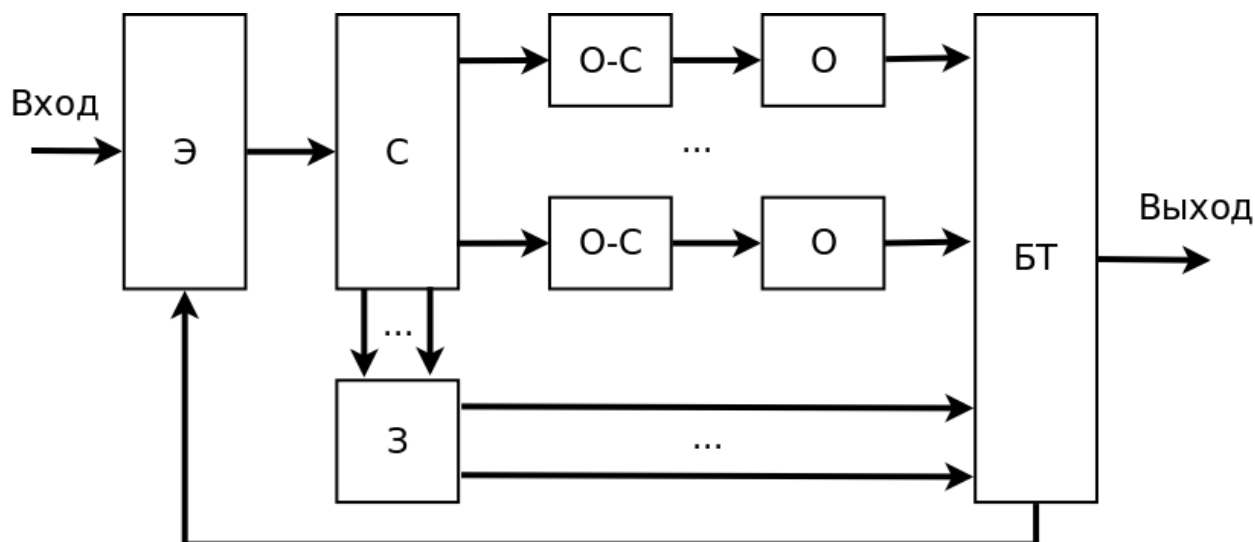


Рис. 1. Структурная схема алгоритма вторичной обработки

Большинство алгоритмов ТО требуют априорную информацию о местоположении объектов и, привязывая к ним поступающие отметки, лишь уточняют их координаты. В этом случае важна предварительная операция завязки, которая подразумевает захват цели без любых априорных данных о её местоположении. Процесс завязки существенно влияет на точностные характеристики всей вторичной обработки, так как именно на выходе этого блока формируются данные о количестве целей в зоне контроля и их предварительных траекториях.

Автозахват (завязку) траекторий можно осуществлять по оптимальным алгоритмам, основанным на использовании критериев Неймана-Пирсона, Байеса и Вальда. Однако для упрощения устройств обнаружения траекторий используют неоптимальные алгоритмы, например, алгоритм М из N. Так при использовании критерия «4/5» для обнаружения траектории необходимо, чтобы после завязки траектории по критерию «2/2» еще хотя бы 2 отметки в трех последующих обзорах попали в строб (критерий подтверждения траектории «2 из 3»). Обнаруженная траектория передается на сопровождение. Если подтверждения не происходит, траектория сбрасывается [3].

Эффективность алгоритмов автозахвата характеризуется:

- вероятностью обнаружения истинной траектории $D_{АЗ}$;
- вероятностью обнаружения ложной траектории $F_{АЗ}$;
- средним временем автозахвата истинной траектории $T_{CP\ AZ}$;
- средним временем автозахвата ложной траектории $T_{CP\ ЛЗ}$.

Для расчета этих характеристик используется аппарат цепей Маркова.

Воспользуемся структурной схемой вторичной обработки (ВО), представленной на рис.1. Произведем имитационное моделирование процесса траекторной обработки и оценим результаты моделирования с помощью аппарата цепей Маркова.

Будем работать с РЛ информацией от одиночной цели, движущейся равномерно под углом 45° к горизонту, при условии наличия шумовых помех. Предположим, что с течением времени расстояние между целью и наблюдателем увеличивается, то есть цель удаляется. Модель движения цели опишем следующим матричным уравнением: $X_{k+1} = F_{k+1} \cdot X_k + G_{k+1} \cdot v_k$, где X_k - вектор состояния системы в момент времени k ; X_{k+1} - вектор состояния системы в момент времени $(k+1)$; F_{k+1} - матрица экстраполяции; G_{k+1} - матрица, характеризующая влияние случайных возмущений на траекторные параметры; v_k - процесс типа белого гауссовского шума с нулевым средним и положительно определенной ковариационной матрицей. Данный процесс учитывает влияние неоднородности среды и неточности системы управления на траекторию цели. В нашем случае данное возмущение будет добавлять случайную составляющую ускорения цели, что повлияет на отклонение траектории от идеальной линейной формы. Результат моделирования истинной траектории цели представлен на рис.2.

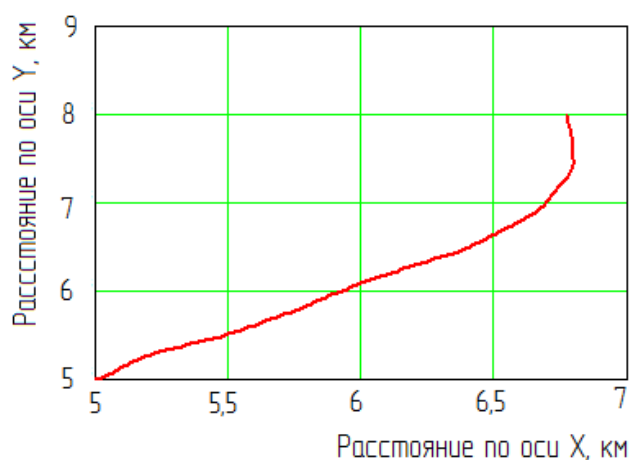


Рис. 2. Модель истинной траектории цели

Так как радиолокационные измерения дискретны по времени, зададимся временным интервалом поступления отсчетов от цели и временем существования истинной траектории. Периодичность отметок от цели обусловлена скоростью движения цели и может изменяться во времени, если цель маневрирует. Рассматриваемый случай представляет собой анализ состоятельности алгоритма ВО для случая неманеврирующей цели.

Для приближения условий рассматриваемой задачи к реальным, в области наблюдений генерировались шумовые отсчеты на промежутке времени, превышающем по своей длительности время существования истинной траектории.

Количество шумовых отсчетов, соответствующих определенному моменту времени, описывается распределением Пуассона [4, 5] с фиксированным числом ложных тревог на элемент разрешения за один временной интервал сканирования: $\beta_{FA} = 10^{-5}$.

Модель измерений траекторных параметров опишем формулой: $Z_{ik} = H_k \cdot X_{jk} + \varepsilon_{ik}$, где X_{jk} - вектор состояния системы в момент времени k ; H_k - матрица пересчета пространства траекторных параметров в пространство отсчетов; ε_{ik} - шум измерения с СКО: $\sigma_x = 20$ м и $\sigma_y = 20$ м ; Z_{ik} - параметры отсчета.

Вероятностью правильного стробирования примем равной $P_{st}=0,997$. Оценка траекторных параметров проводилась помощью классического фильтра Калмана. Результаты работы алгоритма представлены на рис.3.

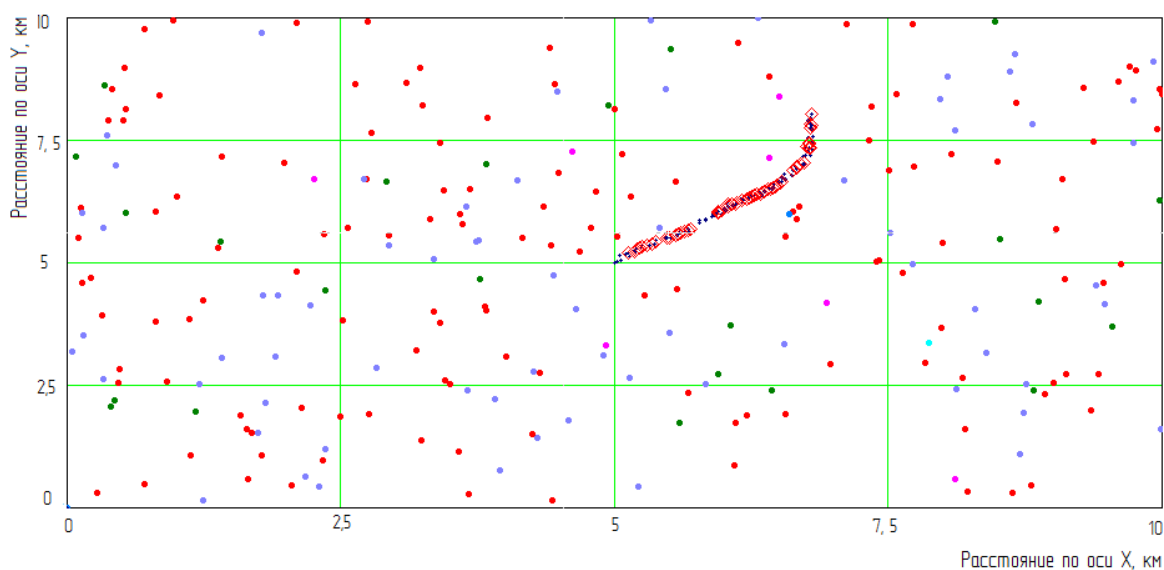


Рис. 3. Совокупность истинных отсчетов, ложных отсчетов и оценок траектории

Зависимость ошибки определения координаты X цели от времени изображена на рис.4. Максимумы данной зависимости соответствуют сбросу траекторий и повторной ее завязке. Уменьшение ошибки оценки положения цели со временем соответствует успешной фильтрации.

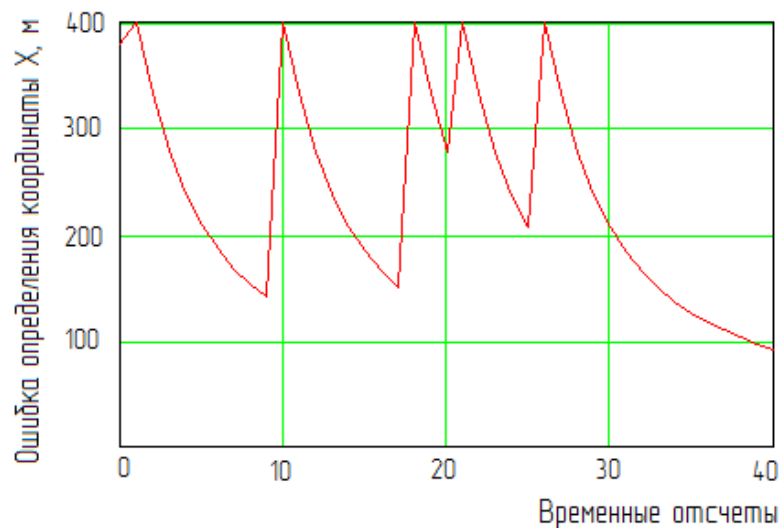


Рис. 4. Зависимость ошибки определения координаты X цели от времени

Для аналитического исследования вероятностных характеристик алгоритма использовался аппарат цепей Маркова. Была построена зависимость вероятности автозахвата от номера обзора для случая реализации критерия «4/5», представленная на рис.5.

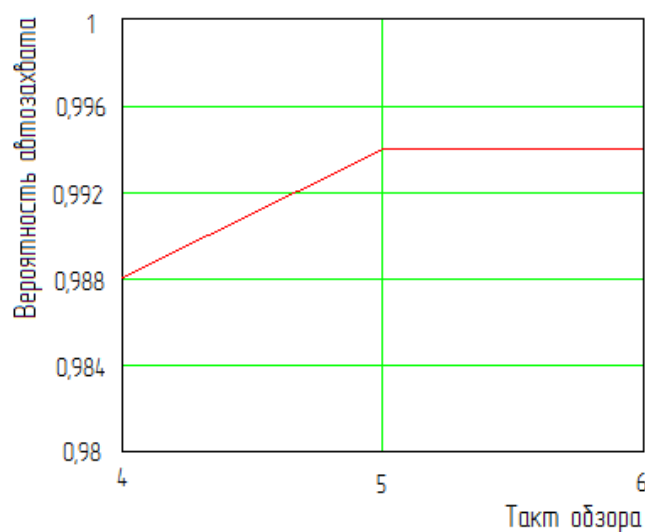


Рис. 5. Зависимость вероятности автозахвата от такта обзора для случая применения критерия «4/5» с вероятностью правильного стробирования 0,997

Видно, что максимальная вероятность автозахвата достигается на пятом такте обзора.

Представленный алгоритм реализован в среде MathCad.

Отметим, что преимуществами метода завязки по критерию М из N являются простота и эффективность для случая невысокого уровня помех, когда истинная <http://sntbul.bmstu.ru/doc/616242.html>

траектория объекта завязывается быстро. В противном случае следует применять другие способы завязки.

Список литературы

1. Лихарев В.А., Плёкин В.Я. Проектирование цифровых устройств обработки информации. М.: МАИ, 1983.
2. Информационные технологии в радиотехнических системах: учеб. Пособие / под ред. И.Б. Федорова. Изд. 3-е перераб. и доп. М.: Изд-во. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 846 с.
3. Ворошилина Е.П., Ворошилин Е.П., Тисленко В.И. Алгоритмы завязки траекторий подвижных объектов: Доклады ТУСУРа, №2(20), 2009
4. Samuel S. Blackman, Robert Popoli Design and Analysis of Modern Tracking Systems. Artech House, 1999. 1230p.
5. Umut Orguner Target Tracking: Computer Exercuse 1, 2010.