

УДК 623.765.2

Сравнительный анализ методов идентификации отметок и фильтрации параметров траектории при сопровождении целей в помехах

*Гудимов Д.А., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»*

*Ерошок И.Д., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»*

*Стоянов П.Г., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»*

*Научный руководитель: Истомин В.В., доцент, к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Старчак С.Л., д.т.н., доцент, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

В 21 веке, веке высоких технологий, безопасность и боеспособность государства определяется уровнем развития и оснащения систем вооружения. Одним из способов улучшения таких систем является усовершенствование их алгоритмов работы. **Актуальность** данной работы заключается в том, что до сих пор не существует идеального алгоритма сопровождения целей в условиях помех. Это представляет собой одну из сложнейших проблем автоматизации процессов вторичной обработки радиолокационной информации. Сложность проблемы состоит в том, что при наличии помех число ложных отметок, поступающих на вход подсистемы вторичной обработки радиолокационной информации, резко возрастает. Поэтому, наряду с традиционной задачей уточнения параметров траектории сопровождаемых целей, в процессе обработки радиолокационных данных возникает сложная задача уточнения параметров траектории в очередном такте наблюдения.[1]

Задача сопровождения одиночной цели в помехах исследована досконально. Однако, при расчете гипотез происхождения отметок, попавших в строб сопровождаемой траектории, не учитываются возможность принадлежности их к другой цели, расположенной в непосредственной близости от первой. Поэтому, для приближения

задачи к реальным условиям, очень важно уделить внимание сопровождению нескольких целей с пересекающимися траекториями.

Научной новизной работы является обозначение направления, в котором требуется проводить дальнейшие исследования для создания наиболее эффективного и менее аппаратозатратного метода сопровождения нескольких целей в помехах.

Целью научной работы является выявление рационального алгоритма сопровождения целей в помехах а так же рассмотрение процесса формирования алгоритмов для решения задачи сопровождения нескольких целей одновременно для будущего усовершенствования.

Для дальнейшего исследования с целью решения поставленной задачи **проанализируем** основные алгоритмы и методы сопровождения, представленные в [1], и дадим им оценку с точки зрения качества сопровождения целей, а так же аппаратных затрат на реализацию алгоритмов.

Метод максимального правдоподобия

В соответствии с основным принципом автоматического построения траектории целей при вторичной обработке радиолокационной информации новая отметка может быть использована для продолжения сопровождаемой траектории, если ее отклонение от центра строба не превышает некоторой фиксированной величины, определяемой размерами строба.

Рассмотренный простейший алгоритм идентификации отметок удобен с точки зрения реализации на ЦВМ, однако качество идентификации при этом невысокое, что сказывается на качестве сопровождения, особенно в условиях помех.

Алгоритм сопровождения с вероятностной идентификацией данных по координатным признакам.

Рассматриваемый алгоритм реализует субоптимальный байесовский подход к решению задачи идентификации отметок, отобранных в строб сопровождения траектории. Такой алгоритм обеспечивает организацию процесса, оценивая вектора цели путем использования всех отметок, отобранных в строб на последнем n-м шаге уточнения параметров траектории. Для реализации алгоритма вычисляются веса отобранных в строб отметок, которые характеризуют апостериорную вероятность их принадлежности к сопровождаемой траектории.

Для оценки качества алгоритма сопровождения с вероятностной идентификацией данных (ВИД) сравним его с алгоритмом сопровождения с идентификацией по минимуму расстояния отметки от центра строба (АИМП).

Из графика на рис. 1.[2] следует, что с ухудшением помеховой обстановки (увеличение числа ложных отметок в стробе) преимущество алгоритма ВИД существенно возрастает, но при этом, при наличии в стробе 4-х отметок трудоемкость АВИД увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с трудоемкостью АИМР(алгоритм сопровождения с идентификацией по минимуму расстояния отметки от центра строба).[3]

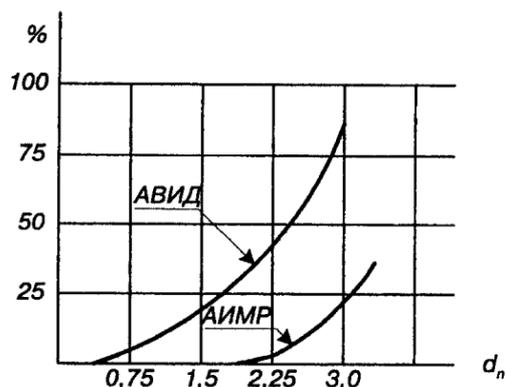


Рис. 1. Сравнительная характеристика алгоритмов АВИД АИМР

Алгоритм сопровождения с вероятностной идентификацией данных по координатным и сигнальным признакам.

В алгоритме для идентификации отметок, наряду с координатной, используется информация об амплитудах принимаемых сигналов, представленная рангом обнаруженных отметок[4],[5]. Подробные исследования алгоритма показали, что при использовании сигнальных характеристик качество сопровождения траектории при понижении порога в сигнальном процессе не ухудшается. Это связано с тем, что дополнительные данные (отметки), поступающие на вход алгоритма идентификации в данном случае, приводят к уменьшению весов ложных отметок.

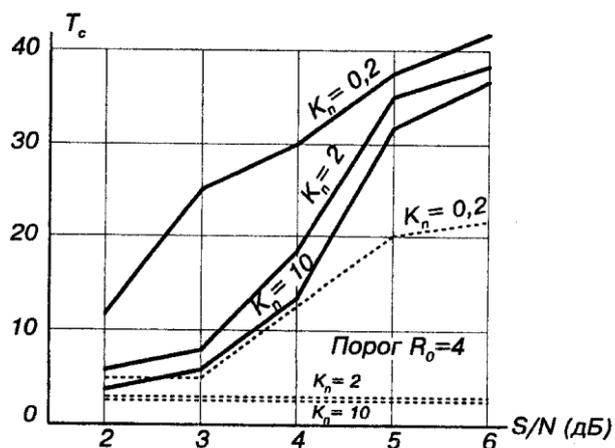


Рис. 2. Зависимость среднего времени сопровождения траектории от соотношения S/N

- с использованием ранговой информации
- _____ без использования ранговой информации

Из графика на рис. 2 следует, что использование ранговой информации позволяет уверенно сопровождать цели даже при наличии 10 ложных отметок в стробе.

Адаптивный алгоритм сопровождения маневрирующей цели в помехах для бинарной модели траектории движения цели.

Данный алгоритм сопровождения маневрирующей цели объединяет процедуры смешанной фильтрации для двух взаимодействующих фиксированных моделей и вероятностного отождествления данных в стробе сопровождения. В целом рассматриваемый алгоритм может быть назван алгоритмом(фильтром) с бинарной взаимодействующей моделью траектории и вероятностной идентификацией (БВМ + ВИД). При рассмотрении алгоритма основное внимание следует уделить решению задач, связанных с обеспечением совместной работы составляющих алгоритмов. Такой объединенный алгоритм позволяет построить один из возможных вариантов адаптивного комплексного алгоритма сопровождения одиночной маневрирующей цели в помехах.[1]

Адаптивный алгоритм сопровождения цели с многогипотезной разделенной моделью маневра и ВИД.

Этот алгоритм реализует квазиоптимальный байесовский подход к идентификации измерений с учетом вероятностей гипотез о интенсивности маневра целей, полученных на основе результатов предыдущих шагов идентификации.

На очередном шаге обновления траектории исходными данными являются:

- матрица переходных вероятностей интенсивности маневра
- апостериорные вероятности состояний(дискретные значения) интенсивности маневра
- вектор усредненных оценок параметров траектории на предыдущем шаге
- усредненная корреляционная матрица ошибок оценки параметров на предыдущем шаге идентификации
- усредненная оценка интенсивности маневра на n-1 шаге

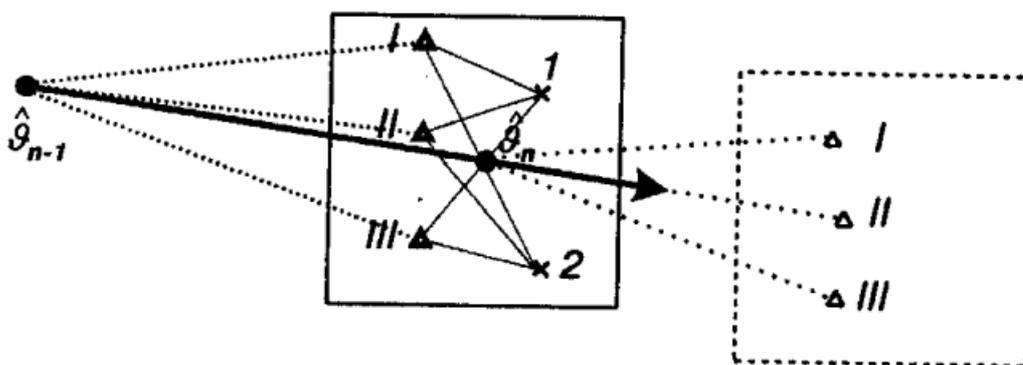


Рис. 3. Пояснение процесса вероятностной идентификации отметок в стробе

Адаптивный алгоритм сопровождения маневрирующей цели с использованием двух разнородных источников информации.

Основным отличием данного алгоритма от адаптивного алгоритма сопровождения маневрирующей цели в помехах для бинарной модели траектории движения цели является использование двух источников входных данных: РЛС, измеряющая азимут и дальность цели, и другой (например ИК датчик), измеряющий азимут и угол места цели. При этом предполагается, что оба датчика находятся в одной точке, в точке стояния РСЛ, и работают одновременно. Очевидно, что формульная схема рассматриваемого адаптивного фильтра будет отличаться от прототипа только способом организации процесса идентификации данных, получаемых от датчиков. С целью упрощения алгоритма основные операции вероятностной идентификации данных от двух датчиков производятся последовательно.[4]

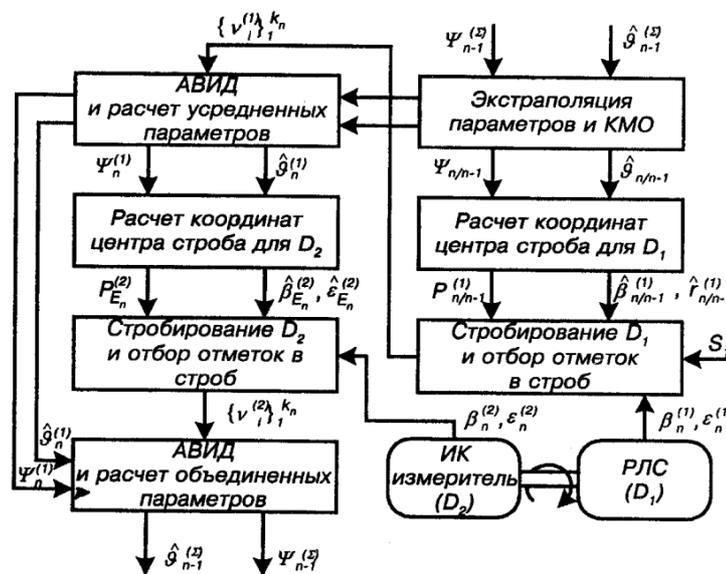


Рис. 4. Структурная схема алгоритма совместной идентификации данных от двух источников

Алгоритм сопровождения нескольких групп целей на основе модели многогипотезной идентификации данных

Рассмотрим один из вариантов решения задачи многогипотезной идентификации данных в перекрывающихся стробах при следующих предпосылках:

- Стробы, образованные вокруг экстраполированных точек для каждой траектории, имеют размеры, обеспечивающие попадание в них истинных отметок с вероятностью, близкой к единице.
- Группы перекрывающихся стробов разделяются так, что каждую такую группу можно обработать независимо от других.

- Задача решается в двухмерном стробе [6]

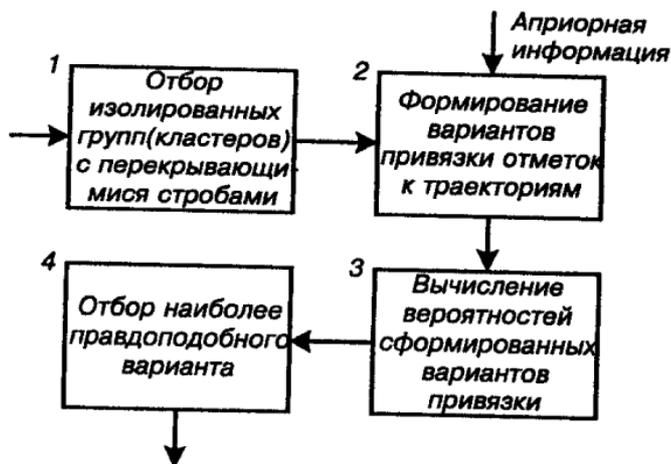


Рис. 5. Логическая схема алгоритма распределения и привязки отметок в изолированной группе (кластере) с прерывистыми стробами

Основа данного алгоритма – это дерево вариантов (гипотез) привязки. Каждая ветвь этого дерева представляет собой один из возможных вариантов идентификации отметок. Общее число гипотез в рассматриваемых случаях очень велико, поэтому даже для простейшего случая сопровождения 2 траекторий задача достаточно трудоемка. Ее подробное решение описано в [1].

Алгоритм совместной вероятностной идентификации данных (СВИД).

Представленный алгоритм отличается от рассмотренного ранее алгоритма ВИД для одиночной цели тем, что теперь вероятность принадлежности к конкретной траектории каждой отобранной в строб идентификации отметки рассчитывается с учетом ее возможной принадлежности и к другим, соседним траекториям из группы (кластера) целей, стробы идентификации которых перекрываются. Таким образом, идентификация отметок должна производиться на каждом шаге обновления данных совместно, с учетом координат как новых отметок, так и сопровождаемых целей.

На практике, особенно при невысокой разрешающей способности РЛС, в процессе сопровождения близко расположенных целей возможно «слияние» отметок от двух и более целей в одну. Решение задачи сопровождения группы близко расположенных целей возможно в этом случае с применением модифицированного алгоритма с совместной идентификацией данных (МСВИД). Его основной особенностью является включение в состав возможных совместных событий таких, которые обусловлены неразрешением отметок. Такой подход существенно увеличивает число возможных вариантов событий и повышает сложность алгоритма. Однако эффективность МСВИД гораздо выше, чем у

СВИД. На рисунке 6 и 7 приведены сравнительные графики для вышеупомянутых алгоритмов в зависимости от разрешающей способности измерителя.

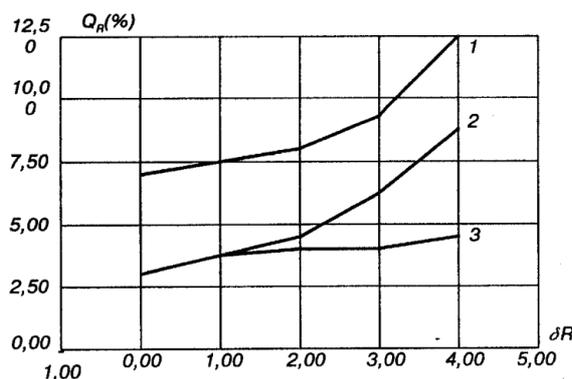


Рис. 6. Среднее число сбоев при сопровождении алгоритмом ВИД(1), СВИД(2) и МСВИД(3) в зависимости от разрешающей способности измерителя

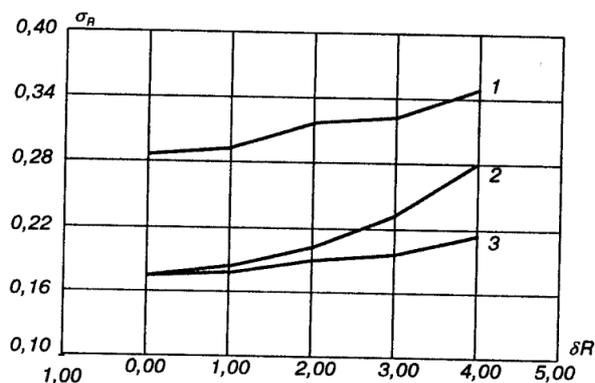


Рис. 7. Среднеквадратические ошибки оценки параметров траектории алгоритмами ВИД(1), СВИД(2) и МСВИД(3) в зависимости от разрешающей способности измерителя

Из этих графиков следует существенное преимущество алгоритмов СВИД и МСВИД, по сравнению с алгоритмом ВИД. Кроме того, алгоритм МСВИД значительно эффективнее алгоритма СВИД при малой разрешающей способности измерения.[1]

Таким образом, применения метода совместной вероятной идентификации данных позволяет успешно решить задачу одновременного сопровождения целей в помехах, в том числе и на участках пересечения их траекторий. Однако, рассмотренные алгоритмы получаются достаточно сложными. Они представляют собой задачу комбинаторного анализа. Вычислительная сложность таких алгоритмов возрастает по экспоненциальному закону с увеличением числа целей и идентификационных отметок. Поэтому актуальными являются задачи разработки, как экономичных алгоритмов идентификации, так и средств их реализации.

Список литературы

1. С.З. Кузьмин. Цифровая радиолокация. Введение в теорию / Киев: Издательство «Київ», 2000 ISBN 966-7192-20-2
2. А.М. Бочкарев, А.Н. Юрьев, М.Н. Долгов, А.В. Щербинин. Цифровая обработка радиолокационной информации при сопровождении целей / Зарубежная радиоэлектроника. – 1991. - № 3. – С. 3-22.
3. Y. Bar-Shalom. Traching Methods in a Multitarget Environment. //IEEE Trans. on Authomatic Control. – Vol. 23. - № 4. – 1978. – P. 618-626.
4. V. Nagarajan, R.M. Sharma, M.R. Chidamibara. An Algorithm for Tracking a Maneuvering Target in Clatter // IEEE Trans. on AES
5. P. Lerro, Y. Bar-Shalom. Interacting Multiple Model Tracking with Target Amplitude Feature
6. С.З. Кузьмин Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.