

# СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

М. В. Свинарский, С. Н. Ярмолик, А. С. Храменков

Кафедра радиолокации и приема-передающих устройств, Военная академия Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

E-mail: mechislav1993@gmail.com, yarmsergei@yandex.ru, xras.tech@mail.com

*В статье представлены последовательные методы решения многоальтернативных задач. Приведены результаты расчета показателей качества последовательного распознавания для радиолокационных объектов трех имитируемых классов применительно к предлагаемым последовательным алгоритмам.*

## ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача радиолокационного распознавания (РЛР) заключается в установлении факта принадлежности наблюдаемого объекта к определенному классу [1]. Процесс принятия решения носит статистический характер и предполагает обработку реализации принятого сигнала, наблюдаемую на ограниченном временном интервале [2].

Основной причиной низких темпов внедрения устройств РЛР в современные и перспективные радиолокаторы является сравнительно низкая достоверность решений, принимаемых в условиях существенной априорной неопределенности. Кроме того, функционирование современных систем распознавания необходимо рассматривать при наличии сложной помеховой обстановки: наличие активных, пассивных и имитирующих помех, преднамеренное использование ложных целей [1, 2].

В интересах повышения достоверности принимаемых решений при классификации может использоваться увеличение времени наблюдения радиолокационного объекта, путем применения последовательных процедур принятия решения [2, 3].

Следует отметить, что в литературе, как правило, детально рассматривают последовательные правила применительно к двум гипотезам [3, 4]. Последовательные методы решения многоальтернативных задач зачастую рассматриваются в обобщенном виде [3], а приведенные результаты носят эмпирический характер [5].

В связи с этим, определенный интерес представляет задача сопоставительного анализа наиболее распространенных многошаговых алгоритмов последовательной классификации [5]:

- алгоритм голосования с использованием парных отношений правдоподобия (The Armitage Test);
- алгоритм принятия решения на основе обобщенного последовательного критерия отношения вероятностей (The Reed Test);
- алгоритм принятия решения, основанный на сравнении двух максимальных отношений правдоподобия (The Palmer Test).

Задача последовательного радиолокационного распознавания объекта  $k$ -го класса  $A_k$  ( $k = 1 \dots M$ ) на каждом шаге наблюдения сводится к принятию решения о принадлежности наблюдаемой цели к одному из  $l$  классов  $A_l^*$  ( $l = 1 \dots M$ ) или вынесения решения о продолжении наблюдения  $A_{M+1}^*$ , где  $M$  это количество классов. При этом в интересах сопоставительного анализа последовательных процедур распознавания объектов, целесообразно использовать результаты оценки показателей качества их функционирования: условные вероятности принимаемых решений [4] и средние длительности процедур принятия решения [4].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

*Алгоритм голосования с использованием парных отношений правдоподобия (The Armitage Test):* предполагает формирование на каждом шаге  $M(M - 1)$  парных отношений правдоподобия и соответствующих порогов. Процесс наблюдения продолжается до тех пор, пока  $(M - 1)$  отношений правдоподобия, одновременно не превысят соответствующие пороги.

*Алгоритм принятия решения на основе обобщенного последовательного критерия отношения вероятностей (The Reed Test):* заключается в последовательном исключении из анализа класса, эталонный образ которого наименее подобен наблюдаемому объекту, при этом процедура классификации длится до тех пор, пока не останется один наиболее вероятный класс, в пользу которого и принимается окончательное решение.

*Алгоритм принятия решения, основанный на сравнении двух максимальных отношений правдоподобия (The Palmer Test):* предполагает формирование на каждом шаге последовательной процедуры  $M$  отношений правдоподобия, выбор двух наибольших значений отношения правдоподобия, формирование решающей статистики в виде отношения двух выбранных значений и сравнение ее с требуемым пороговым уровнем. Процесс наблюдения продолжается до тех пор, пока сформированное значение решающей статистики не превысит порог, соответству-

ющий классу с максимальным значением отношения правдоподобия.

Качество функционирования устройств радиолокационного распознавания для текущего значения отношения сигнал-шум ( $\rho$ ) принято [1] характеризовать совокупностью  $M$  условных вероятностей правильного распознавания  $D_k$  и  $M$  средних вероятностей ложного распознавания  $F_k$ . Последовательные устройства распознавания дополнительно характеризуют средней длительностью процедуры принятия решения  $n$ .

Оценивание качества функционирования последовательных алгоритмов распознавания радиолокационных объектов, проводилось методом математического моделирования, результаты приведены на рис. 1-4:

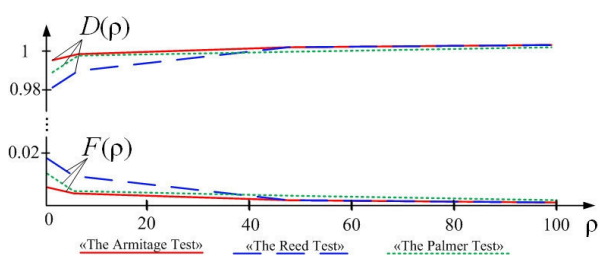


Рис. 1 – Условные вероятности правильного и ложного распознавания

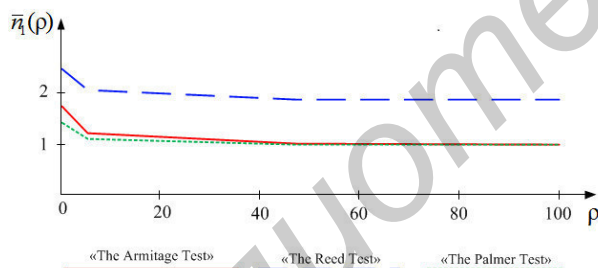


Рис. 2 – Средняя длительность принятия решения для объекта 1 класса

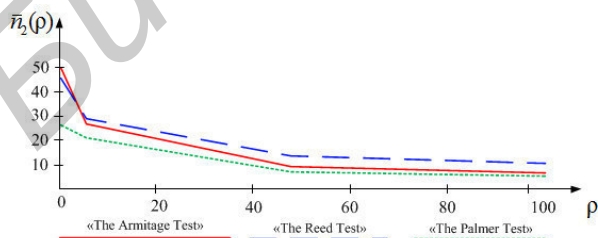


Рис. 3 – Средняя длительность принятия решения для объекта 2 класса

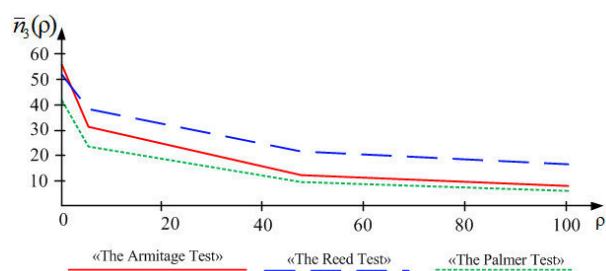


Рис. 4 – Средняя длительность принятия решения для объекта 3 класса

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа приведенных данных следует, что наиболее продолжительным тестом является «The Reed Test», а наиболее быстрым «The Palmer Test», обеспечивая при этом приблизительно одинаковые вероятности распознавания. Различие в средней длительности принятия решения между классами, особенно 1 классом, обусловлено контрастностью радиолокационного портрета. Необходимо отметить, что использование последовательного алгоритма позволяет оптимизировать обзор в пространстве (уменьшить количество излучений в тех угловые направления, где цель отсутствует и увеличить количество излучений там, где цель присутствует). Оптимизация обзора приводит к: рациональному распределению энергии в пространстве; наиболее полному использованию потенциала радиолокационной станции; повышению качества принимаемых решений в условиях ограниченного времени контакта с радиолокационным объектом.

Использование последовательных процедур при решении задач распознавания объектов позволяет осуществлять адаптацию решающего правила к условиям наблюдения и открывает возможности изменения границ признакового пространства путем исключения из рассмотрения наименее вероятных классов [4].

1. Небабин, В. Г. Методы и техника радиолокационного распознавания / В. Г. Небабин, В. В. Сергеев. – М.: Радио и связь, 1984. –152 с.
2. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А. Л. Горелик [и др.]; под ред. А. Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1990. –240 с.
3. Фу, К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин / К. Фу. – М.: Наука, 1971. –256 с.
4. Репин, В. Г. Статистический синтез в условиях априорной неопределенности и адаптация информационных систем / В. Г. Репин, Г. П. Тартаковский. – М.: Сов. радио, 1977. –432 с.
5. Jouny, I. M-ary sequential hypothesis tests for automatic target recognition / I. Jouny, F. D. Garber // IEEE Transaction on aerospace and electronic systems. – 1992. – Vol. 28, № 2. – P. 473–483.