

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ

### **Надточий Виктор Николаевич**

канд. техн. наук, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

### **Латко Владислав Владимирович**

студент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

### **Левышкин Данила Сергеевич**

студент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

## DEVELOPMENT OF A RADAR RECOGNITION ALGORITHM

### **Victor Nadtochiy**

*Candidate of Technical Sciences, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin",*

*Russia, Voronezh*

### **Vladislav Latko**

*Student, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Russia, Voronezh*

### **Danila Levyshkin**

*Student, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Russia, Voronezh*

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс создания алгоритма радиолокационного распознавания, а также исследуются ключевые факторы, влияющие на вероятность правильного опознавания объектов, включая выбор информационных признаков и методов обработки сигналов.

**Abstract.** The article discusses the process of creating a radar recognition algorithm, as well as examines the key factors affecting the probability of correct identification of objects, including the choice of information features and signal processing methods.

**Ключевые слова:** информационные признаки, вероятность правильного распознавания,

алгоритмы принятия решения, показатели качества.

**Keywords:** information signs, probability of correct recognition, decision-making algorithms, quality indicators.

Радиолокационные системы (РЛС) – это эффективные устройства для наблюдения за обстановкой и обеспечения безопасности в воздушном пространстве. При этом главным направлением развития радиолокационных систем является модернизация систем распознавания. Отсюда вытекает, что ключевой задачей при создании алгоритма радиолокационного распознавания является повышение эффективности системы за счет использования информационных признаков. Чтобы оценить эффективность системы, применяют следующие показатели: матрица условных вероятностей распознавания при разных условиях наблюдения; средний риск; средняя стоимость ошибок [1].

Матрица условных вероятностей распознавания представляется в следующем виде:

$$\|P_{ik}\|, i, k = \overline{1, M},$$

Здесь  $M$  - число классов целей,  $P_{ik}$  - условная вероятность принятия решения о распознавании цели класса  $k$  при условии ее принадлежности классу  $i$ .

Следовательно, вероятность правильного распознавания целей отображается на главной диагонали матрицы. Распознавательный алгоритм должен быть направлен на увеличение этих значений.

С помощью стоимостей ошибок распознавания  $r_{ik}$  и заданных априорных вероятностях классов  $P_i$  можно вычислить среднюю стоимость по следующей формуле:

$$r = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N r_{ik} P_i P(k|i)$$

Для удобной оценки эффективности распознавания, на практике используются полная вероятность ошибки распознавания и полная вероятность правильного распознавания:

$$P_{\text{ош}} = \sum_{i=1}^M P_i (1 - P_{li})$$

$$P_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n P_i P_{li}$$

где  $P_i$  - априорных вероятностях классов  $i$ ,  $P_{li}$  - условная вероятность правильного распознавания классов  $i$ .

**Метрики оценки качества распознавания в машинном обучении.**

В наши дни технологии машинного обучения широко применяются для решения научных задач, включая распознавание объектов. Чтобы оценить качество моделей и сравнить эффективность различных алгоритмов, используются специальные показатели [3].

Один из основных показателей качества — это аккуратность, которая представляет собой процент правильно классифицированных объектов от общего числа объектов:

$$A = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

где TP — количество объектов, для которых алгоритм принятия решений правильно определил их принадлежность к соответствующему классу; TN — количество объектов, которые действительно не относятся к рассматриваемому классу и это было корректно определено алгоритмом; FP — число случаев, когда алгоритм ошибочно указал на принадлежность объекта к классу (ложно-положительные результаты); FN — число ситуаций, в которых алгоритм неверно определил объект как не принадлежащий к данному классу (ложно-отрицательные решения).

Для оценки качества работы алгоритма на каждом из классов по отдельности введем метрики точность и полнота:

Точность — это показатель, который отражает долю истинно положительных результатов среди всех объектов, для которых был сделан положительный прогноз. Чтобы рассчитать точность, используют следующую формулу:

$$P = \frac{TP}{TP + FP}$$

Полнота — это метрика, которая отражает отношение количества верно классифицированных объектов к общему числу действительно положительных примеров. Она показывает, сколько положительных образцов было правильно распознано. Чем выше значение полноты, тем меньше положительных примеров было упущено при классификации.

$$R = \frac{TP}{TP + FN}$$

Решение, принимаемое алгоритмом, может состоять из одного или нескольких этапов. На каждом этапе алгоритм обязательно определяет метку класса цели из известного набора. Но в некоторых случаях одноэтапное принятие решения не гарантирует высокой точности, поэтому требуется многоэтапный подход для получения оценки [2].

Все алгоритмы принятия решений можно разделить на две группы по степени учёта статистических закономерностей признаков распознавания: лингвистические и статистические. Лингвистические алгоритмы распознавания основаны на анализе описания цели в виде графа или цепочки символов.

В основе статистических алгоритмов лежит минимизация вероятности ошибочного распознавания. Среди них выделяют параметрические, непараметрические и нейросетевые алгоритмы машинного обучения.

Параметрические алгоритмы включают байесовские и небайесовские. Байесовские алгоритмы учитывают статистические характеристики параметров и вероятность распределения классов целей, в отличие от небайесовских. Данные о признаках получают через натурные эксперименты, математическое или физическое моделирование. В процессе распознавания алгоритм относит цели к определённому классу, используя наибольшую вероятность. Небайесовские алгоритмы не принимают во внимание априорные вероятности

классов целей. Непараметрические алгоритмы синтезируются при неизвестных заранее конкретных статистических распределениях признаков целей различных классов. В некоторых конкретных случаях непараметрические методы могут быть рассмотрены как эвристическое упрощение байесовских алгоритмов.

Алгоритмы, основанные на использовании нейронных сетей, применяют математическую модель, имитирующую работу человеческого мозга. Она состоит из формальных нейронов, каждый из которых обрабатывает входные сигналы и выдаёт выходные. Благодаря параллельной работе всех элементов алгоритма значительно повышается эффективность распознавания.

Нейросетевые алгоритмы не только эффективно решают задачу распознавания, но и предоставляют гибкий метод обучения. Это позволяет системе адаптироваться к изменениям внешних условий или помеховой обстановки. Обучение избавляет от необходимости вручную выбирать ключевые признаки, определять их значимость и взаимосвязи [4].

Все вышеперечисленные алгоритмы отличаются друг от друга, поэтому для повышения вероятности правильного распознавания воздушных целей используют различные комбинации этих алгоритмов. Кроме того, применение данных методов может существенно улучшить показатели точности и информативности наличия большого числа выборок.

### **Список литературы:**

1. Горелик, А.Л., Барабаш Ю.Л., Кривошеев О.В., Эпштейн С.С. Селекция и распознавание на основе локационной информации / под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1990. – 282 с.
2. Киселева Т.В., Маслова Е.В., Бычков А.Г. Машинное обучение для решения задач распознавания образов // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2021. – № 2 (18). – С. 19-24.
3. Соколов А.В. Объекты радиолокации. Обнаружение и распознавание. Коллективная монография. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2006. – 176 с.
4. Татузов А.Л. Нейронные сети в задачах радиолокации. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2009. – 432 с.