

УДК 681.518.54:623.4

Н.М. Калюжный¹, В.И. Колесник¹, А.В. Хряпкин¹, И.М. Николаев²¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков²Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО ИЗЛУЧЕНИЯМ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВОМ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ

Рассмотрена задача выбора для средств радиомониторинга по результатам математического моделирования наиболее эффективного алгоритма распознавания классов летательных аппаратов (ЛА) по излучениям бортовых радиоэлектронных средств (БРЭС). Показано, что при больших алфавитах классов ЛА и ограниченном словаре сигнальных признаков целесообразно использовать коллектив решающих правил, состоящий из алгоритмов распознавания разных типов. Приводятся и анализируются результаты моделирования функционирования коллектива решающих правил. Проведенные исследования показали, что коллектив решающих правил целесообразно строить на основе статистического и эмпирического алгоритмов и алгоритмы, основанных на критериях минимума расстояния.

Ключевые слова: алгоритм распознавания, коллектив решающих правил, эффективность распознавания, летательный аппарат, моделирование.

Введение

Постановка проблемы. Одной из задач радиомониторинга радиоизлучающих воздушных объектов (ВО) является задача распознавания классов (типов) летательных аппаратов (ЛА) по излучениям бортовых радиоэлектронных средств (БРЭС) [1, 2, 8]. Сложность решения этой задачи обусловлена большим количеством типов БРЭС радионавигации и радиолокации, радиосвязи и передачи данных, устанавливаемых на борту современных ЛА для решения широкого круга задач управления полетом и применения в соответствии с их функциональным назначением [3 – 5]. Каждое из этих средств может функционировать в нескольких режимах, каждый из которых характеризуется видом сигнала, диапазоном возможных значений и характером (моделью) изменения во времени частотно-временных параметров (ЧВП). Таким образом, каждому распознаваемому ЛА априори могут соответствовать группы радиоизлучений БРЭС. В пространстве признаков (параметров сигналов и их источников) такой ЛА может описываться одним или несколькими интервалами эталонных значений и (или) одним или несколькими дискретными эталонными значениями сигнальных признаков, связанных с ЧВП излучений БРЭС.

Для эффективного решения данной задачи в средствах радиомониторинга (СРМ) должен быть реализован наиболее эффективный (оптимальный) алгоритм распознавания, обеспечивающий минимальный процент ошибочных решений при заданном словаре сигнальных признаков. В связи с этим задача оценки эффективности различных алгоритмов распознавания и выбора наиболее эффективно-

го алгоритма для реализации в СРМ является актуальной. При больших размерах распознаваемых алфавитов классов ЛА и словарей сигнальных признаков эта задача может быть решена только при использовании метода математического моделирования, позволяющего реализовать итеративную процедуру последовательного приближения разрабатываемой системы распознавания к потенциально достижимой и оценить ее эффективность в различных условиях функционирования.

Анализ публикаций показал, что выбор и оценка эффективности алгоритмов распознавания является одной из важнейших задач разработки, создания и испытаний любой сложной системы распознавания. Однако проблеме выбора наиболее эффективных алгоритмов распознавания ЛА по ЧВП излучений БРЭС в специальных изданиях не уделяется достаточного внимания [1, 2, 6].

Целью статьи является обоснование выбора коллектива решающих правил на основе результатов сравнительной оценки эффективности различных алгоритмов распознавания большого числа классов ЛА при использовании сигнальных признаков "точечного" и "интервального" типов.

Основная часть

В общем случае ЛА, как объекты распознавания, могут быть описаны функционалом

$$\Lambda_l = \{R_{il}[A_{il}(\alpha_v)], C_{lk}[a_{lk}(\alpha_\mu)]\},$$

$$l = \overline{1, L}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, m},$$

где $R_{il}[A_{il}(\alpha_v)]$, $l = \overline{1, L}$, $i = \overline{1, n}$, - перечень классов бортовых РЛС (БРЛС) ЛА l -го класса, L - количество классов ЛА, n - количество классов БРЛС;

$C_{lk}[a_{lk}(\alpha_{\mu})]$, $l = \overline{1, L}$, $k = \overline{1, m}$, - перечень классов излучений бортовых средств радиосвязи (СРС) ЛА 1-го класса, m – количество классов излучений бортовых СРС.

Проведенный анализ показал [6, 8], что наибольшей информативностью с точки зрения различимости ЛА обладают ЧВП излучений БРЛС. Для определения класса (типа) БРЛС ЛА могут использоваться статистические, эвристические, детерминированные и другие алгоритмы методы распознавания. При этом сигнальные признаки, выраженные через структуру и параметры излучений БРЛС, в зависимости от метода распознавания могут рассматриваться как статистические, детерминированные или логические. Для обоснования состава коллектива решающих правил по результатам моделирования эффективности распознавания ЛА по ЧВП излучений БРЛС были выбраны статистический и эмпирический алгоритмы и алгоритмы распознавания по минимуму расстояния. Информационное обеспечение этих алгоритмов заключалось в формировании априорного описания классов (типов) ЛА, подлежащих распознаванию, на языке сигнальных признаков, связанных со структурой и ЧВП излучений БРЛС. Поскольку конкретные значения ЧВП излучений БРЛС в момент их наблюдения (приема) являются неизвестными и могут рассматриваться, как равновероятные, для априорного описания ЛА использовались интервалы возможных значений ЧВП излучений БРЛС: $\alpha_v \in [\alpha_v^{\max}, \alpha_v^{\min}]$, где $v = 1, 2, \dots, N$, α_v^{\max} , α_v^{\min} - максимальное и минимальное значения v -го признака. С помощью этих признаков каждый распознаваемый тип БРЛС в N -мерном пространстве может быть представлен в виде некоторой области возможных значений ЧВП излучаемых сигналов.

Решение о принадлежности наблюдаемого источника радиоизлучения (ИРИ) к одному из классов БРЛС R_i , $i = 1, 2, \dots, n$ заданного алфавита формируется по результатам обработки вектора сигнальных признаков $A_{изм}(\alpha)$, компонентами $\{\alpha_{iv}\}$ которого являются измеренные значения несущей частоты f_{iv} и ширины спектра Δf_{iv} сигнала, длительности τ_{iv} и периода следования T_{iv} импульсов, длительности $\tau_{Пiv}$ и периода следования пачек $T_{Пiv}$ импульсов, наличие и вид внутримпульсной модуляции $P_{ВИМ}$ сигналов БРЛС. В процессе моделирования компоненты вектора $A_{изм}(\alpha)$ принимали случайные значения в соответствии с заданными значениями ошибок измерения, которые формировались с помощью датчиков случайных чисел.

Предполагается, что условные плотности распределений $p(A_{изм}(\alpha) / R_i)$ вектора сигнальных

признаков и априорные вероятности $P(R_i)$ появления БРЛС из заданного алфавита классов являются известными, а ошибки измерения $\delta\alpha_v$ ЧВП излучений БРЛС распределены по нормальному закону с нулевым средним и дисперсией σ_v . В этом случае условную плотность распределения $p(A_{изм}(\alpha) / R_i)$ вектора измеренных значений ЧВП сигнала БРЛС можно представить в виде композиции равномерного и нормального законов [8].

При использовании статистического алгоритма и условии, что параметры α_{iv} статистически независимы, решение о принадлежности входного вектора $A_{изм}(\alpha)$ к одному из классов (типов) БРЛС формируется на основе байесовского критерия максимума апостериорной вероятности [7, 8]:

$$j_{\text{опт}}(A_{изм} / \alpha) = \arg \max_{i=1..n} p(A_{изм}(\alpha) / R_i)P(R_i);$$

$$p(A_{изм}(\alpha) / R_i) = \prod_{v=1}^N \frac{1}{\alpha_{iv}^{\max} - \alpha_{iv}^{\min}} \left[\Phi\left(\frac{\alpha_{iv}^{\max} - \alpha_{v,изм}}{\sigma_v}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha_{iv}^{\min} - \alpha_{v,изм}}{\sigma_v}\right) \right],$$

где $\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-t^2/2} dt$ - интеграл вероятности;

$u = \frac{\alpha_{iv} - \alpha_{v,изм}^*}{\sigma_{iv}}$ - аргумент функции Лапласа.

Оптимальный алгоритм распознавания БРЛС ЛА по вектору сигнальных признаков $A_{изм}(\alpha) = \{\alpha_{iv}\}$ состоит в вычислении взвешенных произведений условных апостериорных вероятностей попадания параметров принятого сигнала в интервалы $[\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}]$, выбранные для априорного описания классов БРЛС заданного алфавита, сравнении этих вероятностей между собой и принятии решения о принадлежности наблюдаемого объекта к классу $j_{\text{опт}}(A_{изм})$, $j = 1, 2, \dots, n$, для которого соответствующая вероятность является максимальной. Данный алгоритм справедлив для случая нулевых потерь при правильной классификации, равенства потерь при всех видах неправильной классификации и равенстве априорных вероятностей появления БРЛС разных классов.

Если БРЛС ЛА функционируют в режимах, отличающихся видом и параметрами излучаемых сигналов, то каждый класс распознаваемых БРЛС должен быть описан несколькими (по числу режимов работы) эталонными векторами $A_{ик}^{\exists}$ сигнальных признаков. Тогда оптимальное решающее правило, в соответствии с которым вектор измеренных признаков должен быть отнесен к одному из классов БРЛС, будет определяться выражением:

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}} / \alpha) = \arg \max_{i=1 \dots n} \max_{k=1 \dots m_i} P(R_{ik}) \prod_{v=1}^N \phi_{ik}(A_{\text{изм}} / \alpha),$$

где n – число классов БРЛС, m_i – число режимов БРЛС, относящихся к i -му классу, $P(R_{ik})$ – априорная вероятность появления k -го типорежима БРЛС i -го класса.

Эффективность статистического алгоритма распознавания оценивалась величиной апостериорной вероятности отнесения входного вектора признаков $A_{\text{изм}}^*$ к тому или иному классу БРЛС заданного алфавита:

$$P_j(A_{\text{изм}}^*) = P(R_i) p(A_{\text{изм}}^* / R_i) / \sum_{i=1}^n P(R_i) p(A_{\text{изм}} / R_i).$$

Недостатком статистического алгоритма является то, что в большинстве практических случаев априорные данные о распознаваемых БРЛС отсутствуют. Наибольшие сложности связаны с получением данных, позволяющих задать функции правдоподобия $p(A_{\text{изм}}(\alpha) / R_i)$. От указанного недостатка свободен эмпирический алгоритм, в основе которого лежит процедура проверки условий попадания измеренного значения (оценки) $\hat{\alpha}_{iv}$ параметра принятого сигнала в соответствующий пороговый интервал $[\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}]$:

$$\phi_{iv} = \begin{cases} 1, & \text{если } (\alpha_{iv}^{\max} \leq \hat{\alpha}_{iv} \leq \alpha_{iv}^{\min}); \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}}) = \arg \min_{i=1, \dots, n} (A_{\text{изм}}(\alpha) \in [A_i^{\min}, A_i^{\max}]),$$

Пороговые значения в эталонных описаниях $[\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}]$, $i = \overline{1, n}$, $v = \overline{1, N}$ устанавливались с учетом ошибок измерения соответствующих параметров излучений распознаваемых БРЭС:

$$\alpha_{iv}^{\min} = \alpha_{iv}^{\text{н}} - \beta \sigma_v; \quad \alpha_{iv}^{\max} = \alpha_{iv}^{\text{н}} + \beta \sigma_v,$$

где σ_v – среднеквадратическое отклонение v -го измеренного параметра принятого сигнала; β – коэффициент расширения стробов распознавания $[\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}]$.

Кроме статистического и эмпирического алгоритмов для распознавания БРЭС по параметрам излучаемых сигналов могут быть использованы алгоритмы сопоставления, основанные на оценке степени близости образов распознаваемых объектов. К ним относятся алгоритм распознавания по минимуму расстояния Махалонобиса

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}}(\alpha)) = \arg \min_{i=1, \dots, n} [(A_{\text{изм}}(\alpha) - A_i^3)^T K_A^{-1} (A_{\text{изм}}(\alpha) - A_i^3)],$$

где K_A^{-1} – обратная матрица ошибок измерения сигнальных признаков. Если составляющие α_{iv} вектора $A_{\text{изм}}(\alpha)$ являются взаимно независимыми, то данный алгоритм может быть представлен в виде:

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}}) = \arg \min_{i=1, \dots, n} \sum_{v=1}^N \frac{(\alpha_{v\text{изм}} - \alpha_{iv}^3)^2}{\sigma_v^2},$$

где σ_v^2 – дисперсия ошибки измерения v -го параметра, α_{iv}^3 – эталонное значение v -го параметра сигнала БРЛС i -го класса (типа).

Решение о классе наблюдаемого ИРИ в соответствии с критерием минимума расстояния заключается в вычислении совокупности взвешенных расстояний $A_{\text{изм}}(\alpha) - A_i^3$ и отнесении вектора измеренных признаков к тому классу (типу) БРЛС, для которого это расстояние является минимальным. При одинаковой важности признаков α_{iv} процедура принятия решения заключается в вычислении квадратов евклидовых расстояний для всех классов распознаваемых БРЛС и принятии решения в пользу того класса, для которого квадрат расстояния минимален:

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}}) = \arg \min_{i=1, \dots, n} \sum_{v=1}^N (\alpha_{v\text{изм}} - \alpha_{iv}^3)^2.$$

В качестве меры близости измеренного и эталонного векторов при распознавании БРЛС может быть использован также критерий минимума расстояния Хэмминга:

$$j_{\text{опт}}(A_{\text{изм}}) = \arg \min_{i=1, \dots, n} \sum_{v=1}^N |\alpha_{v\text{изм}} - \alpha_{iv}^3|.$$

Для повышения различимости БРЛС признаковое пространство целесообразно преобразовать в безразмерное по формуле:

$$x_j' = \frac{x_j - x_{j\text{мин}}}{x_{j\text{макс}} - x_{j\text{мин}}}.$$

При такой нормировке расстояния между классами (типами) БРЛС в безразмерном признаковом пространстве изменяются, но остаются пропорциональными исходным данным, а значение каждого признака лежит в пределах $[0; 1]$.

Для улучшения точности и качества работы системы распознавания БРЭС ЛА по ЧВП излучений целесообразно использовать коллектив решающих правил (классификаторов), каждый из которых принимает решение $j_{\text{опт}}^{(i)}(A_{\text{изм}})$ о классе наблюдаемого ИРИ с последующим объединением и согласованием решений отдельных классификаторов. Коллективное решающее правило можно представить как некоторую функцию индивидуальных решений $j_{\text{опт}}^{(i)}(A_{\text{изм}})$:

$$P: J_{\text{опт}}^K(A_{\text{изм}}) = F(j_{\text{опт}}^{(1)}(A_{\text{изм}}), j_{\text{опт}}^{(2)}(A_{\text{изм}}), \dots, j_{\text{опт}}^{(r)}(A_{\text{изм}})),$$

где функция $P: J_{\text{опт}}^K(A_{\text{изм}})$, реализующая свертку частных решений в коллективное решение.

При равноправном голосовании в качестве оптимального принимается решение, собирающее большинство голосов, т. е.

$$P: J_{\text{опт}i}^K(A_{\text{изм}}) = j_{\text{опт}}^{(i)}(A_{\text{изм}}),$$

если $k_i(A_{\text{изм}}) = \max_{\Gamma} k_{\Gamma}(A_{\text{изм}})$, где $k_i(A_{\text{изм}})$ - число голосов, набранное решением $j_{\text{опт}}^{(i)}(A_{\text{изм}})$.

Эффективность коллектива решающих правил при распознавании ЛА по ЧВП излучений БРЛС оценивалась методом математического моделирования путем включения в состав коллектива всех или какой-либо совокупности из рассмотренных выше алгоритмов. База эталонных описаний содержала 85 векторов ЧВП излучений 22 типов БРЛС ЛА, задаваемых в виде интервалов

$$[\alpha_{iv}^{\min}, \alpha_{iv}^{\max}], i = \overline{1, n}, v = \overline{1, N}.$$

Вычисление достаточных статистик осуществлялось по результатам статистической обработки результатов распознавания при подаче на входы исследуемых алгоритмов случайного вектора сигнальных признаков БРЛС i -го типа путем многократной имитации его значений по нормальному

закону с заданными значениями дисперсии σ_v^2 . Эффективность алгоритмов оценивалась условными вероятностями правильных и ошибочных решений/

Выходные эффекты всех алгоритмов нормировались относительно их максимальных значений и отображались на графике в пределах ± 1 шагов относительно номера того типа БРЛС, которому соответствует максимальное значение рассчитанной статистики. Графики достаточных статистик, формируемых статистическим, эмпирическим и алгоритмами минимума расстояния при подаче на их входы одного и того случайного вектора сигнальных признаков на рис. 1.

Результаты моделирования эффективности распознавания ЛА по ЧВП излучений БРЛС различными алгоритмами и коллективом решающих правил для разного числа признаков и разных значений ошибок их измерения приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Ошибки измерения признаков

Наименование признака	$\{\sigma_{v1}\}$	$\{\sigma_{v2}\}$
Диапазон рабочих частот, ГГц	0,001	0,01
Ширина спектра, МГц	0,1	1
Длительности импульса, мкс	0,1	1
Период повторения импульсов, мкс	1	10
Длительность пачки импульсов, мс	2	20
Период след. пачек импульсов, мс	0,3	3

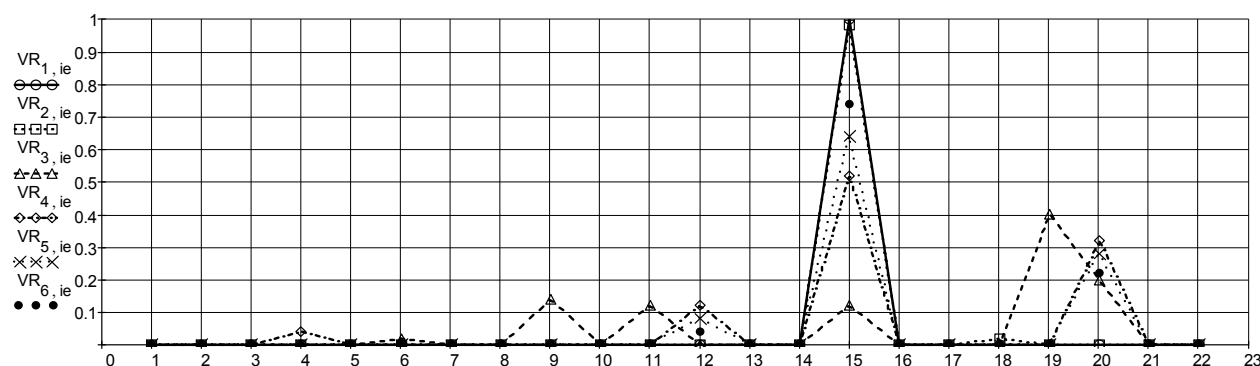


Рис. 1. Графики достаточных статистик

Таблица 2

Вероятности правильного распознавания классов (типов) БРЛС ЛА коллективом решающих правил и его компонентами

Количество признаков	Ошибка измерения	Вид алгоритма					Коллектив решающих правил
		Статистический	Эмпирический	Минимум расстояния Махаланобиса	Минимум евклидова расстояния	Минимум расстояния Хемминга	
4	$\Sigma_1 = \{\sigma_{v1}\}$	0,999	0,976	0,915	0,952	0,969	0,984
5		1,0	0,988	0,921	0,982	0,988	0,995
6		1,0	0,997	0,92	0,996	0,998	0,999
7		1,0	0,996	0,94	0,996	0,997	0,999
4	$\Sigma_2 = \{\sigma_{v2}\}$	0,954	0,869	0,893	0,82	0,874	0,926
5		0,97	0,892	0,9	0,588	0,704	0,931
6		0,977	0,897	0,903	0,52	0,654	0,932
7		0,992	0,926	0,93	0,618	0,742	0,953

Выводы

Результаты моделирования показали, что при использовании словаря сигнальных признаков интервального типа коллектив решающих правил обеспечивает высокую вероятность правильного распознавания классов ЛА по ЧВП излучений БРЛС, которая снижается на (5-15) % при увеличении ошибок измерения ЧВП излучений на порядок (в 10 раз).

Наиболее эффективным (в смысле правильности и однозначности классификации) является статистический алгоритм распознавания. Менее эффективным является эмпирический алгоритм, который в некоторых случаях выдает неоднозначные решения, состоящие из нескольких (правильного и близких к нему) типов БРЛС.

При достаточно больших ошибках измерения параметров сигналов эмпирический алгоритм и алгоритм распознавания по минимуму расстояния имеют большие уровни боковых выбросов, что приводит к ошибочным решениям. При уменьшении ошибок измерения уровни боковых выбросов эмпирического алгоритма уменьшаются, а его эффективность приближается к эффективности статистического алгоритма.

Наихудшей эффективностью в данном случае обладает алгоритм распознавания по минимуму расстояния Махалонобиса, который достаточно часто выдает ошибочные решения.

Список литературы

1. Киселев Д.Н. Радиомониторинг и распознавание радиоизлучений / Д.Н. Киселев, О.Ю. Перфилов : Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 90 с.
2. Тамбиева Д.Т. Решение задач радиомониторинга / [Электронный ресурс] Д.Т. Тамбиева, Л.Л. Гусева //

Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 6. – С. 63–64. – Режим доступа к статье: <http://www.top-technologies.ru/ru/articl/view?id=22867>.

3. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Т. 2. Применение авиационных радиоэлектронных комплексов при решении боевых и навигационных задач / М.С. Ярлыков, А.С. Богачев, В.И. Меркулов, В.В. Дрогалин Под ред. М.С. Ярлыкова. – М.: Радиотехника, 2012. – 256 с.

4. Коптев А.Н. Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации. В 3 кн. Кн. 2: учеб. пособие / А.Н. Коптев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. Ун-та, 2011. – 196 с.

5. Колкк А.А. Об алгоритмах распознавания типов радиоэлектронных средств в бортовых комплексах разведки / А.А. Колкк // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 13, № 2. – С. 122-127.

6. Исследование влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность распознавания типов и режимов работы радиоизлучающих источников / Н.М. Калюжный, И.М. Николаев, Попов А.М., Колесник В.И. // Сб. научн. тр. 4-го Межд. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. (МРФ – 2011), 2011. – Т. 1, ч. 2. – С. 162-165.

7. Николаев И.М. Статистический синтез алгоритма распознавания источников радио-излучений по сигнальным признакам интервального типа / И.М. Николаев, А.А. Адаменко, С.В. Закиров, Э.Э. Асанов // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный технический сборник. X.: ХНУРЭ, 2001. – Вып. 123. – С. 122-124.

8. Николаев И.М. Сравнительная оценка эффективности алгоритмов распознавания источников радиоизлучений методом статистических испытаний / И.М. Николаев, Л.Л. Семенкевич // Збірник наукових праць. – X.: ОНДІ ЗС. – 2007. – Вып. 2 (7). – С. 98–107.

Надійшла до редколегії 14.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Кобзев, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ВИПРОМІНЮВАННЯМ БОРТОВИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ КОЛЕКТИВОМ ВИРІШАЛЬНИХ ПРАВИЛ

М.М. Калюжний, В.І. Колісник, О.В. Хряпкін, І.М. Ніколаєв

Розглянуто задачу вибору для засобів радіомоніторингу за результатами математичного моделювання найбільш ефективного алгоритму розпізнавання класів літальних апаратів (ЛА) за випромінюванням бортових радіоелектронних засобів. Показано, що при великих алфавітах класів ЛА і обмеженому словнику сигнальних ознак доцільно використовувати колектив вирішальних правил, що складається з алгоритмів розпізнавання різних типів. Наводяться і аналізуються результати моделювання функціонування колективу вирішальних правил. Проведені дослідження показали, що колектив вирішальних правил доцільно будувати на основі статистичного та емпіричного алгоритмів і алгоритмів, оснований на умовах мінімуму відстані.

Ключові слова: алгоритм розпізнавання, колектив вирішальних правил, ефективність розпізнавання, літальний апарат, моделювання.

MODELING RECOGNITION OF AIRCRAFT EMISSIONS ON-BOARD RADIO-ELECTRONIC MEANS COLLECTIVE DECISION RULES

M.M. Kalyuzhnyi, V.I. Kolesnik, A.V. Khriapkin, I.M. Nikolaev

Problem of choice for radio monitoring tools based on the results of mathematical modeling of the most effective classes of aircraft recognition algorithm for radiation avionics. For large alphabets of aircraft classes and limited dictionary of signaling signs is advisable to use the collective decision rules, consisting of different types of pattern recognition algorithms. Presented and analyzed the functioning of the simulation results of collective decision rules. Research has shown that the collective decision rules is better to build on the basis of statistical and empirical algorithms, and algorithms, the main criteria on the minimum distance.

Keywords: algorithm of recognition, collective of decision rules, efficiency of recognition, aircraft, design.