

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 681.3:681.5

МЕТОДИКА ОБОБЩЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ ПРИЗНАКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Александров
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Рассматривается методика обобщения признаковой информации для распознавания воздушных объектов (ВО), использующейся для формализации знаний о порядке обобщения закономерностей проявления значений признаков.

воздушный объект, признаковая информация, экспертная система

Постановка проблемы. Одной из задач, возникающих при разработке и организации функционирования экспертных систем военного назначения является задача формализации знаний о процессах распознавания воздушных объектов. Для таких систем процесс синтеза формализованных описаний знаний о процессах распознавания воздушных объектов можно разбить на ряд этапов: 1) *определение* экспертами характера (вида) признаков, используемых в процессе распознавания (количественных или качественных); 2) *выбор* списка рабочих алфавитов воздушных объектов, в которых будет осуществляться распознавание, а также классов самих распознаваемых объектов в каждом из алфавитов; 3) *формирование* априорных распределений значений признаков для каждого из объектов, относящихся к распознаваемым классам; 4) *выявление* степени информативности признаков и, на основе этого, структуризация формализованных описаний классов распознаваемых объектов; 5) *разработка правил* принятия решения о классе распознаваемого воздушного объекта путем обобщения разнородной признаковой информации. В статье предлагается подход к решению последней задачи.

Анализ литературы. В целом ряде работ в качестве формально-логического аппарата представления знаний об описании классов распознаваемых объектов предложено использовать комбинированную модель знаний, построенную на основе теории возможностей, нечетких множеств и многозначной логики [1 – 3]. В работе [1] предлагается на этапе синтеза фор-

мализованного описания знаний о классах распознаваемых объектов ввести правила определения степени информативности признаков, а также правила селекции существенных и несущественных признаков в описаниях классов алфавитов. При этом предполагается, что решение о классе распознаваемого объекта может быть с необходимой степенью достоверности принято при обнаружении хотя бы одного наблюдаемого существенного признака. Опыт формирования формализованных описаний рассматриваемого класса показал, что для обеспечения минимума среднего риска ошибок распознавания в ряде случаев означивания одного существенного признака оказывается недостаточно для принятия решения о классе объекта наблюдения.

В работах [2 – 3] ввиду того, что на пространстве $[0,1] \times [0,1]$ невозможно сохранить структуру булевой алгебры, предлагается в качестве операции свертки использовать операции максимума и минимума в качестве объединения и пересечения, соответственно. При этом предполагается, что для значений степени истинности должны выполняться следующие равенства, справедливые в классической экстенциональной логике:

$$v(\neg X_k) = 1 - v(X_k); \quad (1)$$

$$v(X_k \cup X_j) = \sup(v(X_k), v(X_j)); \quad v(X_k \cap X_j) = \inf(v(X_k), v(X_j)). \quad (2)$$

Операции пересечения и объединения в такой логике являются коммутативными, ассоциативными, идемпотентными и дистрибутивными относительно друг друга, но не удовлетворяют законам исключения третьего и непротиворечивости в смысле:

$$v(X_k) \cup v(\neg X_k) \neq 1; \quad v(X_k) \cap v(\neg X_k) \neq 0. \quad (3)$$

В качестве примера операций обобщения, построенных на основе выше упомянутых правил, приведем следующие:

1. Оценка степени близости $\hat{F}(k_i^m)$ анализируемого ВО к i -му классу m -го алфавита определяется по наибольшему значению функции принадлежности интерпретированных событий для каждого из классов [2]:

$$\hat{F}(k_i^m) = \max_{\forall l \in L_i} \left[\min_{\forall k \in K_i} \{v_i^m(x_{lk})\}, \min_{\forall s \in S_i} \{v_i^m(x_{ls})\} \right], \quad (4)$$

где i – порядковый номер класса в соответствующем алфавите событий; k – порядковый номер количественного признака; K_i – количество номеров количественных признаков i -го класса; s – порядковый номер качественного признака; S_i – количество номеров качественных признаков i -го класса; l – порядковый номер группы признаков; L_i – количество групп признаков для описания n -го класса.

Использование стратегии (4) предполагает изначальное разделение на группы количественных и качественных признаков, что лишь косвенно соответствует идеологии решения задач рассматриваемого класса.

2. Определение мер близости воздушного объекта к i -му классу по значениям степеней истинности признаков альтернативной группы Γ_1 осуществляется в соответствии с правилом пересечения нечетких множеств (2) [3]:

$$\hat{F}(\Gamma_1^{mi}) = \min_{k \in R_{i1}} \left\{ v^{mil} \left(X_k^T \right) \right\}. \quad (5)$$

Определение мер близости объекта к классу алфавита осуществляется путем применения правила объединения нечетких множеств (2). Результатом объединения оценок близости объекта к некоторому классу является следующая величина [3]:

$$\hat{F}(K_i^m) = \max_1 \left\{ \hat{F}(\Gamma_1^{mi}) \right\}. \quad (6)$$

Основным правилом, используемым для принятия решений о классе воздушного объекта является следующее [2 – 3]:

$$K^{m*} = \arg \max_i \left\{ \hat{F}(K_i^m) \right\}. \quad (7)$$

Согласно (7) принятие решения о принадлежности объекта к некоторому классу осуществляется по максимальному значению меры близости.

Нередко при использовании операций (4), (6) может возникнуть ситуация когда, предельная оценка (2) в одной или нескольких группах признаков будет равна нулю по причине неполноты либо противоречивости признаковой информации о воздушном объекте при высокой динамике воздушной обстановки. Использование подобных операций обобщения дает возможность получать лишь граничные (2) значения оценки $\hat{F}(K_i^m)$.

Цель статьи. Представление методики обобщения признаковой информации для распознавания ВО, использующей для формализации знаний о порядке обобщения закономерности проявления значений признаков.

Основная часть. Для достижения необходимой достоверности результатов распознавания целесообразно за основу принять стратегию 2 (5) – (7). При этом для обеспечения минимума среднего риска ошибок распознавания

выделим *группы существенных признаков* $\hat{\Gamma}_1^{mi}$ – альтернативные группы признаков (5), сформированные с привлечением экспертов, в состав которых входит хотя бы один существенный признак, определенный в соответствии с [1]. Процедура автоматизации процесса структуризации формализованных описаний может быть основана на следующих принципах:

1. Решение о классе распознаваемого ВО может быть с необходимой степенью достоверности принято при означивании хотя бы одной альтернативной группы существенных признаков в соответствии с (6), (7).

2. В случае отсутствия групп существенных признаков для распознавания необходимо использовать все множество наблюдаемых групп несущественных признаков.

В соответствии с принципом 1, все группы существенных признаков в описании класса K_m целесообразно группировать операцией объединения:

$$\forall i = \overline{1, I} \quad K_i^m = \bigcup_{\forall l \in S} \hat{\Gamma}_l^{mi}, \quad (8)$$

где S – множество групп существенных признаков описания ВО.

В соответствии со 2-м принципом все несущественные альтернативные группы целесообразно оценивать в соответствии с (5) – (7). Роль эксперта, при таком подходе, сводится к корректировке синтезированных формализованных описаний и в выборе пороговых значений для решающего правила распознавания воздушных объектов. Далее, для исключения возникновения ситуаций отказа от распознавания при использовании (5) – (8) необходим поиск такой операции обобщения, которая позволит принимать решения о классе ВО в условиях неполноты либо противоречивости признаковой информации. В рамках теории нечетких множеств операции пересечения значений степени близости не больше операции взятия минимума, а операции их объединения – не меньше операции взятия максимума. Рассмотренные классы операторов охватывают лишь некоторую часть возможных операторов обобщения. В работе предлагается использовать операции нахождения среднего (расположенные между операциями нахождения максимума и минимума), а также взаимодвойственные операции в смысле де Моргана для обобщения признаковой информации при распознавании воздушных объектов.

Таким образом, необходимо использовать некоторую операцию свертки, позволяющую находить обобщенную оценку на некотором уровне, промежуточном между частными оценками (2). Естественно потребовать, чтобы такая операция удовлетворяла следующим свойствам: 1) граничные условия: $f(0,0,\dots,0) = 0$; $f(1,1,\dots,1) = 1$; 2) f – коммутативная функция; 3) f – неубывающая функция по каждому аргументу; 4) f – непрерывная функция; 5) $1 - f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(1 - x_1, 1 - x_2, \dots, 1 - x_n)$.

В этой связи представляет интерес следующий класс операций осреднения, симметрических в смысле свойства 5, следующего вида:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{g(x_1, x_2, \dots, x_n)}{g(x_1, x_2, \dots, x_n) + g(1 - x_1, 1 - x_2, \dots, 1 - x_n)}, \quad (9)$$

где в качестве генерирующей функции $g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ можно использовать произвольную неубывающую, неотрицательную и непрерывную функцию, такую что $g(0,0,\dots,0) = 0$. Примером такой функции может быть $g(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max(x_1, x_2, \dots, x_n)$, не имеющая поглощающих элементов, т.е. $g(0, x_2, \dots, x_n) \neq 0$. Соответственно получим:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\max(x_1, x_2, \dots, x_n)}{1 + \max(1 - x_1, 1 - x_2, \dots, 1 - x_n)}. \quad (10)$$

Поведение операций обобщения (4), (6), (9) продемонстрируем на примере. Рассмотрим значения оценки степени близости $\hat{F}(K_{ТИ}^{ВО})$ воздушного объекта к классу «тактический истребитель» для каждой из операций обобщения, полученных при наблюдении тактического истребителя [4] в различных условиях обстановки (рис. 1).

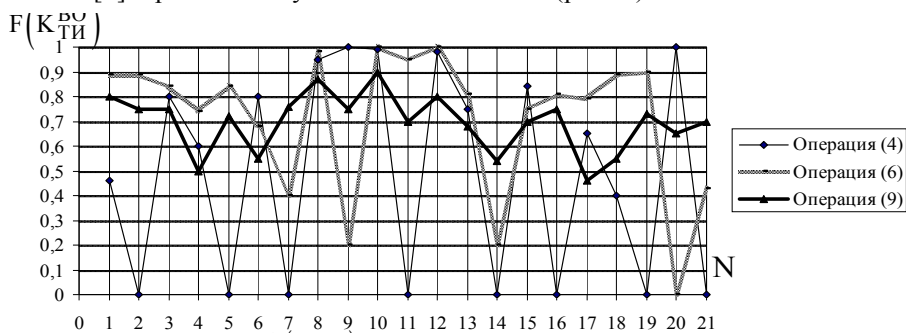


Рис. 1. Зависимость $\hat{F}(K_{ТИ}^{ВО})$ от набора значений признаков N, используемых при распознавании ТИ

Очевидно, что при использовании операций (4), (6) в ряде случаев имеет место отказ от распознавания. В свою очередь применение операции (10) позволяет получать оценку принадлежности в условиях неполноты и противоречивости признаковой информации о воздушных объектах.

Выводы. Использование данной методики позволяет с необходимой степенью обоснованности принимать решение о принадлежности воздушного объекта некоторому классу в условиях неполноты и противоречивости признаковой информации, а также представлять соответствующие знания и обеспечивать простоту автоматизации процедур их обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Низиенко Б.И., Шевченко О.В., Александров А.В. Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 4 (32). – С. 109 – 115.
2. Низиенко Б.И., Затхей В.А. Селезнев С.Е. Использование функциональных сетей для означивания начальных условий в открытых экспертных системах // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2000. – Вип. 4 (30). – С. 126 – 131.
3. Нізієнко Б.І., Воробйов Ю.А., Двухглазов Д.Е., Затхей В.А. Теоретичні основи автоматизації процесів виробки рішень в системах управління. – Х.: ХВУ, 2004. – 80 с.
4. Средства ВКН противника и их характеристика как целей для войск ПВО / Под ред. В.К. Стрельникова. – Х: ВИРТА ПВО, 1988. – 372 с.

Поступила 24.03.2005

Рецензент: кандидат технических наук профессор Б.Н.Судаков,
Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.