



УДК 519.226:519:233

В. А. Делов, В. В. Фацев

Актуальность корректной расстановки весовых коэффициентов в задачах классификации радиолокационных целей

Рассмотрены методы расстановки весов, определяющих степень доверия к априорной информации по движущимся радиолокационным объектам. Поставлен вопрос об автоматизации данной задачи. Предложен алгоритм расчета весов, позволяющий программно рассчитать весовые коэффициенты. Приведен пример расчета весов для любого количества классов и любого количества эталонов с помощью разработанной авторами компьютерной программы.

Ключевые слова: весовой коэффициент, методы расчета весовых коэффициентов, априорная вероятность, движущийся радиолокационный объект.

Введение

В системах, основанных на принятии разного рода решений в многопризнаковом пространстве, одним из основных элементов является функция правдоподобия, в общем случае представляющая собой функцию, которая зависит от определенного параметра (признака) при фиксированном событии. Таким образом, функция правдоподобия показывает, насколько правдоподобен выбранный параметр при заданном событии.

Для определенного класса распознаваемого движущегося радиолокационного объекта с рассматриваемым признаком x можно определить функцию правдоподобия, представляющую собой смешанную модель и состоящую из конечного числа некоторых распределений, описываемую формулой

$$F(x) = \sum_{j=1}^g \omega_j f(x, \theta_j),$$

где g – количество смешиваемых компонент;

$\omega_j \geq 0$ – весовой коэффициент $\left(\sum_{j=1}^g \omega_j = 1 \right)$,

определяющий важность (вес) компоненты, входящей в рассматриваемую модель;

$f(x, \theta_j)$, $j = 1, \dots, g$ – компонента функции плотности условного распределения, зависящая от вектора θ_j .

Компоненты функции плотности условного распределения базируются на знаниях данных образующих процессов. Например, для смешанной нормальной модели $f(x, \theta_j)$ –

условная плотность, распределенная по нормальному закону [1].

Далее рассмотрим подробнее методы расчета самих весовых коэффициентов, но для начала опишем некоторые задачи, при которых используются веса ω_j :

- нормировка признаков, заключающаяся в преобразовании полученных данных к новой форме представления, которая позволяет исключить влияние на итоговый результат анализа принятых единиц измерения;
- задание степени важности признаков, т. е. наиболее важному признаку или классу приписывается большее значение коэффициента;
- отбор признаков ($\omega_j = 1$), позволяющий рассматривать только необходимые классы или признаки, что упрощает задачу классификации, сокращая время работы некоторых алгоритмов.

Рассмотрим некоторые методы расчета весовых коэффициентов. Эти методы используются для определения важности цели и разбивают исследуемые объекты по уровням предпочтения. Формирование этих уровней происходит от одной наиболее опасной цели [2].

Метод ранжирования

Данный метод позволяет упорядочить компоненты по степени возрастания или убывания их влияния в зависимости от особенностей рассматриваемого события. Результаты ранжирования n компонент m экспертами можно представить в виде табл. 1.

Оценку важности той или иной компоненты проводит группа специализированных экспертов, и каждый из них представляет свой



Таблица 1

Результаты опроса экспертов по рассматриваемым компонентам

Эксперт	Рассматриваемые компоненты			
	x_1	x_2	...	x_n
1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2n}
...
M	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

вектор оценок по данной группе компонент, основываясь на знаниях в области слабо формализованных задач. Компоненты расставляются с учетом их важности согласно принятому порядку.

1. Эксперт располагает компоненты по убыванию их важности слева направо.

2. Каждой компоненте присваивается оценка от n до 1 (самой важной – n и далее по убыванию до 1).

3. Для каждой компоненты высчитывается сумма оценок, далее – доля от всех полученных сумм. В виде формулы это можно представить как

$$\omega_j = \frac{\sum_{i=1}^m r_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{ij}},$$

где r_{ij} – оценка, поставленная j -й компоненте i -м экспертом.

Таким образом, весовой коэффициент ω_j определяется как отношение суммы мнений экспертов по j -й компоненте к сумме мнений экспертов по всем показателям [3].

Метод непосредственной оценки

В основе метода – оценка экспертами важности частной компоненты по определенной шкале, например, от 0 до 10, поэтому метод непосредственной оценки иногда называют балльным методом или методом прямой расстановки. При этом разрешается оценивать важность дробными величинами или приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы нескольким компонентам. Таблица оценок представлена так же, как и в предыдущем методе (см. табл. 1).

Алгоритм расчета весовых коэффициентов следующий:

1. Каждый эксперт проставляет оценки по всем компонентам в рамках заданной шкалы.

2. Происходит пересчет оценок по формуле

$$r'_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}.$$

3. Далее, как и при методе ранжирования, полученные оценки для каждой компоненты суммируются и нормируются.

Разработка алгоритма перерасчета весовых коэффициентов

Результаты классификации с весами, полученными по изложенным выше методам, могут отличаться от ожидаемых, поэтому возникает необходимость коррекции весов. Этот этап отладки может занимать очень длительное время. Увеличение количества классов или компонент функции правдоподобия также затрудняет правильную расстановку весовых коэффициентов.

Рассмотрим метод расчета, позволяющий решить эти проблемы.

Так как объект находится в движении, измеряемые значения признаков будут меняться, поэтому при определении опасности по каждой цели целесообразно использовать накопительную функцию, которая будет состоять из g компонент на фиксируемых участках измерения определенного признака, назовем их эталонами.

В общем случае все весовые коэффициенты можно представить с помощью табл. 2.

Таблица 2

Таблица весовых коэффициентов для каждого класса

Эталон	Рассматриваемые классы			
	Класс 1	Класс 2	...	Класс n
x_1	w_{11}	w_{12}	...	w_{1n}
x_2	w_{21}	w_{22}	...	w_{2n}
...
x_m	w_{m1}	w_{m2}	...	w_{mn}



В качестве оценок эксперта при коррекции весовых коэффициентов будет выступать ожидаемая вероятность (табл. 3) соотношения измеренного признака с его эталоном.

Таблица 3

Таблица вероятностей на определенных участках измерения

Эталон	Рассматриваемые классы			
	Класс 1	Класс 2	...	Класс <i>n</i>
x_1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1n}
x_2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2n}
...
x_m	P_{m1}	P_{m2}	...	P_{mn}

Для уточнения весовых коэффициентов (рисунок) был выбран алгоритм коррекции ошибок, использующийся в теории нейронных сетей. Его принцип состоит в следующем:

1. Текущее значение сравнивается с желаемым выходом.

2. Если разница между ними превосходит заданную величину ошибки определения опасности, идет перерасчет весов.

Далее п. 1, 2 повторяются.

Ошибку определения опасности можно найти по формуле

$$E_i = P_j^O - P_j^T.$$

Здесь P_j^O – ожидаемая вероятность соотношения измеренного признака с его эталоном;
 P_j^T – текущее значение вероятности, определяемое по формуле

$$P_j^T = \frac{P(A_j) \sum_{k=0}^M \omega_{kj} f(x_j, \theta_j)}{\sum_{i=0}^N P(A_i) \sum_{k=0}^M \omega_{ki} f(x_j, \theta_j)},$$

где $P(A_j)$ – априорная вероятность;
 M – число эталонов;
 N – количество классов.

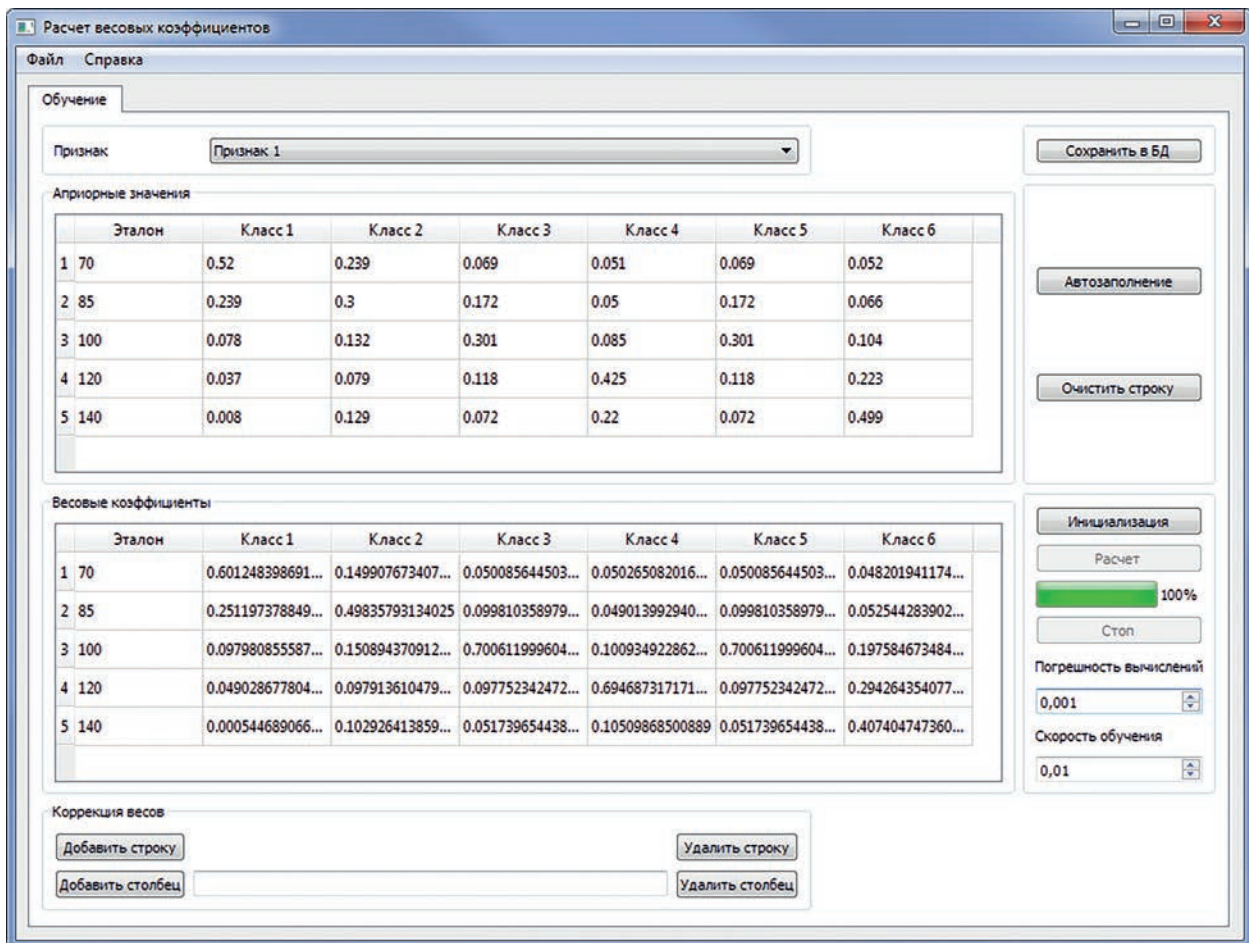


Рисунок. Процесс перерасчета весовых коэффициентов



Обозначим текущее значение веса как $\omega_{ij}(n)$, соответствующее i -му классу и j -му эталону, на n -м шаге обучения. В соответствии с дельта-правилом изменение $\Delta\omega_{ij}(n)$, применяемое к данному весу $\omega_{ij}(n)$ на этом шаге дискретизации, задается выражением

$$\Delta\omega_{ij}(n) = \eta E_i f(x_j, \theta_j),$$

где η – некоторая положительная константа, определяющая скорость обучения и используемая при переходе от одного шага процесса к другому, которую естественно именовать параметром скорости обучения.

Вычислив величину веса $\Delta\omega_{ij}(n)$, можно определить его новое значение для следующего шага дискретизации [4]:

$$\omega_{ij}(n+1) = \omega_{ij}(n) + \Delta\omega_{ij}(n).$$

На основе этого алгоритма была реализована компьютерная программа расчета весовых коэффициентов (см. рисунок).

Данная программа позволяет рассчитывать весовые коэффициенты для любого количества классов и эталонов, кроме того, она позволяет задавать ошибку перерасчета E_i и параметр скорости обучения η .

Данные были получены не случайным образом, а в результате опроса специалистов и имеют определенный уровень достоверности, поэтому в качестве ошибки можно взять эту достоверность, а также точность, с которой проходит перерасчет весовых коэффициентов. Программа расчета весовых коэффициентов для систем поддержки принятия решений включает:

- предварительную нормированную оценку опасности выбранной цели экспертом;
- предварительную инициализацию весов;
- перерасчет весов в соответствии с уровнем предпочтения цели.

Заключение

По результатам анализа методов можно заключить, что самым простым является метод ранжирования. Для его использования достаточно знать лишь приоритеты рассматриваемых компонент, однако с его помощью не уда-

ется рассматривать степень различия между этими признаками.

Метод непосредственной оценки позволяет это сделать, благодаря чему можно сортировать/ранжировать компоненты по важности. В некотором роде метод ранжирования можно рассматривать как частный случай метода непосредственной оценки. Для этого метода эксперты выставляют оценки с учетом вероятности существования данной компоненты при рассматриваемом событии. Следовательно, возможен вариант нулевого весового коэффициента, если рассматриваемая компонента при данном событии вообще не имеет значения.

В статье не был рассмотрен метод парного сравнения, в котором составляется квадратная матрица компонент со значением 1, если компонента строки матрицы важнее компоненты столбца, и 0 в противном случае. Однако и при использовании этого метода не учитывается разница в значимости компонент (как и при методе ранжирования).

Рассмотренные в работе методы основаны на теоретической расстановке коэффициентов экспертами, поэтому появилась необходимость разработать и реализовать алгоритм автоматического расчета весов. Основное достоинство программы с этим алгоритмом – быстрое получение весовых коэффициентов. Однако данный метод расчета требует качественного определения априорных вероятностей.

Список литературы

1. *Webb A. R.* Statistical pattern recognition. Second edition. Malvern. UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. 504 p.
2. *Татузов А. Л.* Нейронные сети в задачах радиолокации. Кн. 28. М.: Радиотехника, 2009. 432 с.
3. *Савин К. Н., Хамханова Д. Н.* Аттестация алгоритмов определения весовых коэффициентов показателей качества // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7335> (дата обращения 01.08.2016).
4. *Хайкин С.* Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1103 с.

Поступила 20.01.17



Делов Владислав Александрович – инженер первой категории публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А. А. Расплетина, г. Москва.

Область научных интересов: методы классификации баллистических объектов на основе радиолокационной информации.

Фашев Виталий Владимирович – кандидат технических наук, начальник отдела публичного акционерного общества «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А. А. Расплетина, г. Москва.

Область научных интересов: разработка и применение автоматизированных обучающих систем, методы классификации баллистических объектов на основе радиолокационной информации.

Relevance of correct weighting coefficients arrangement in problems of radar targets classification

We consider methods for arranging weights that determine the degree of confidence in priori information on moving radar objects. The study raises an issue of automating this task and proposes an algorithm for calculating weights. The algorithm allows us to calculate the weighting coefficients programmatically. Moreover, we give an example of calculating weights for any number of classes and any number of standards using the software developed by the authors.

Keywords: weighting coefficient, methods of calculating weighting coefficients, priori probability, moving radar object.

Delov Vladislav Alexandrovich – of the first rank Engineer, Public Joint Stock company “Research and Production Corporation “Almaz” named by Academician A. A. Raspletin”, Moscow.

Science research interests: methods of classification of ballistic objects using radar information.

Fashev Vitaliy Vladimirovich – Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department, Public Joint Stock company “Research and Production Corporation “Almaz” named by Academician A. A. Raspletin”, Moscow.

Science research interests: development and application of automated training systems, methods of classification of ballistic objects using radar information.