

С 344.10

Г-611

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

12/VI

P-287B



Б.М. Головин, Л.А. Кулюкина

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ**

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
ПО ПАРАМЕТРУ

1966

P-2875

Б.М. Головкин, Л.А. Кулюкина

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
ПО ПАРАМЕТРУ

4268/1 2р.

ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
УЧЕБНО-НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
БИБЛИОТЕКА

В работе ^{/1/} нами была сформулирована задача использования методов автоматического опознавания образов для идентификации заряженных частиц и промоделирована идентификация зарядов частиц высоких энергий с использованием алгоритма потенциальных функций ^{/2/}.

В другой нашей работе ^{/3/} этой серии проверялась зависимость надежности опознавания заряда от некоторых особенностей потенциальных функций, используемых в алгоритме опознавания. В той же работе было отмечено, что ошибки идентификации чаще всего возникают при совпадении значений параметра z/β частиц с разными z . Кроме того, существенным недостатком алгоритма, использовавшегося нами в цитированных работах, являлась необходимость сохранения в оперативной памяти машины значительных количеств промежуточной информации.

В настоящей работе моделируется идентификация заряженных частиц высоких энергий по параметру z/β . Опознавание производится с использованием нового алгоритма, требующего меньшего объема оперативной памяти машины и более экономного расхода машинного времени.

Программа обучения

Как и в предыдущих работах исходными данными являются амплитуды сигналов V_j -детекторов регистрирующей системы.

Каждый объект (частица, прошедшая через регистрирующую систему) характеризовался k -признаками X_{jk}

$$X_{jk} = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} V_{ij} \quad (1)$$

$k = 1, 2 \dots n-1$; n - число счетчиков в регистрирующей системе; j -номер опознаваемой частицы.

Сигналы пронумерованы в порядке возрастания их амплитуд индексами i .

В процессе обучения в машину вводились данные об N - объектах, принадлежащих к каждому из подлежащих опознанию классов. Каждый такой класс соответствовал определенному значению параметра $\eta = \frac{z}{\beta}$.

В качестве характеристик обобщенных образов каждого класса использовались следующие функции признаков (1):

$$\begin{aligned} (Y_k^\eta)_{\min} &= (X_k^\eta)_{\min} \\ (Y_k^\eta)_{\text{ср}} &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{jk}^\eta \\ (y(Y_k^\eta)) &= \begin{cases} Z_{0k}^\eta & \text{при } \frac{n(Z_1)}{n(Z_0)} < 0,75 \\ \frac{Z_{0k}^\eta + Z_{1k}^\eta}{2} & \text{при } \frac{n(Z_1)}{n(Z_0)} \geq 0,75 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $(X_k^\eta)_{\min}$ - наименьшее из значений k -того признака, предъявленных при обучении на классе η ; Z_{0k}^η - значение признака X_k , чаще всего встречающееся при обучении на классе η ; Z_{1k}^η - значение того же признака X_k , ближайшее к Z_{0k} ; $n(Z_0)$ - число случаев появления Z_{0k}^η при обучении на классе η ; $n(Z_1)$ - то же самое для Z_{1k}^η .

В результате обучения для каждого класса η формируются и запоминаются (в оперативной памяти машины, или на внешних запоминающих устройствах) 12 величин:

$$\begin{aligned} (y_k^\eta)_{\min}; \quad (y_k^\eta)_{\text{ср}}; \quad (y_k^\eta)_{\text{вер}} \\ k = 0, 1, 2, 3. \end{aligned} \quad (3)$$

Программа опознания

В процессе опознания каждого объекта:

1. В машину вводятся характеризующие его амплитуды V_{ij} и строятся признаки X_{jk} .
2. Строятся разности между признаками X_{jk} опознаваемого объекта и характеристиками обобщенного образа каждого класса:

$$(\Delta_k^\eta)_{\min} = |X_{jk} - (Y_k^\eta)_{\min}|$$

$$(\Delta_k^\eta)_{\text{ср}} = |X_{jk} - (Y_k^\eta)_{\text{ср}}| \quad (4)$$

$$(\Delta_k^\eta)_{\text{вер}} = |X_{jk} - (Y_k^\eta)_{\text{вер}}|$$

В некоторых случаях определялся также знак величины $(\Delta_k^\eta)_{\min}$ и считалось, что объект может принадлежать только к тем классам η , для которых $(\Delta_k^\eta)_{\min} \geq 0$.

3. При каждом значении k сравниваются значения Δ_k^η для разных классов η .

4. Суммируется число минимальных значений Δ_k^η , приходящихся на каждый класс.

5. Опознаваемый объект относится к тому классу, на который приходится наибольшее количество минимальных значений этих разностей. Если для какого-либо объекта одинаковое количество минимальных значений Δ_k^η наблюдается в нескольких классах, то опознаваемый объект может принадлежать к любому из них и все они выдаются как возможные решения.

Результаты расчетов

В качестве примера применения нового алгоритма была промоделирована идентификация заряженных частиц по параметру z/β . Амплитудные спектры сигналов, возникающих при прохождении таких частиц через регистрирующую систему^{1/1}, рассчитывались по методу, описанному в той же работе. Спектры импульсов рассчитывались для частиц с зарядом z и скоростью $v=c\beta$, значения параметра z/β для которых приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Приведенные в таблице цифры соответствуют значениям параметра z/β для заряда частицы z (первый столбец) и скорости β (первая строка)

z/β	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	2,5	2,0	1,67	1,43	1,125	1,11
2	5,0	4,0	3,34	2,86	-	2,22
4	10,0	8,0	6,68	5,71	-	4,44
8	20,0	-	13,33	-	-	-

Выполненные нами расчеты показали, что спектры частиц с мало различающимися z/β сильно перекрываются и попытки их разделения, при сделанных предположениях о свойствах регистрирующей установки^{/1/}, приводят к большому числу ошибок. При уменьше нии числа опознаваемых классов (в результате исключения некоторых из близко расположенных значений z/β) надежность опознавания увеличивается. Вполне удовлетворительное разделение наблюдается, например, при оставлении для опознавания следующих классов: $z/\beta = 1,11; 2,0; 2,85; 4,0; 5,0; 6,66; 8,0; 10,0; 13,33$.

Результаты опознавания принадлежности частиц к этим классам приведены в таблице 2. Там же для сравнения приведены результаты опознавания этих классов с помощью алгоритма потенциальных функций^{/3/}.

Т а б л и ц а 2

Доля правильно опознанных объектов для разных классов $\eta = z/\beta$ при образовании суждений по методу потенциальных функций и на основании алгоритма, описанного в настоящей работе

z/β	а л г о р и т м		
	Настоящая работа (без учета знака Δ_{\min})	Настоящая работа (с учетом знака Δ_{\min})	Потенциальные функции
1,11	0,97	1,00	1,00
2,00	0,98	0,98	0,98
2,85	0,98	1,00	0,98
4,00	0,98	1,00	1,00
5,00	0,98	1,00	1,00
6,66	1,00	1,00	1,00
8,0	0,98	1,00	1,00
10,00	0,98	0,91	-
13,33	1,00	0,98	-

Из приведенных в таблице данных видно, что использование рассмотренной нами довольно простой регистрирующей системы из четырех детекторов в сочетании с группой анализирующей системой, имеющей разрешение лишь 1 канал/Мэв, позволяет уже получить довольно полное представление о спектре регистрируемого излучения по параметру z/β . Улучшение разрешающей способности анализирующей системы позволит получить еще более полную картину, особенно в области $z/\beta < 2 - 3$.

Сравнение алгоритмов

Приведем некоторые характеристики использовавшегося нами ранее метода потенциальных функций^{1,3/} и алгоритма, описанного в настоящей работе.

Т а б л и ц а 3

Основные характеристики алгоритмов опознавания

Алгоритм Характеристики	Потенциальные функции	Настоящая работа
Длина программы обучения (8-число ячеек)	380	350
Длина программы опознавания (8-число ячеек)	300	500
Память о резуль- татах обучения (<u>8-число ячеек</u>) 1 класс	644	14
Время обучения (сек/класс при N = 70)	150	10
Время опознавания 70 объектов (сек)	120-150	15

Видно, что новый алгоритм значительно более экономичен по расходу машинного времени и требует для своей реализации значительно меньшего объема памяти машины. Надежность опознавания при использовании нового алгоритма во всех случаях не уступает надежности опознавания при использовании потенциальных функций. Подобные же результаты были получены при идентификации по заряду частиц с энергетическим спектром^{1/}.

Авторы благодарны В.П. Джелепову за постоянный интерес к этой работе и ее поддержку и Г.А. Ососкову за обсуждение ряда связанных с работой вопросов.

Л и т е р а т у р а

1. Б.М. Головин, Л.А. Кулюкина. Препринт ОИЯИ 2187, Дубна, 1965.
2. О. А. Башкиров, Э.М. Браверман, И.Б. Мучник. Автоматика и телемеханика 25, 692, 1964.
3. Б.М. Головин, Л.А. Кулюкина. Препринт ОИЯИ 2348, Дубна 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1966 г.