# **2.4 Двухуровневые алгоритмы распознавания**

1.

С момента возникновения *теория распознавания образов* активно применяется в слабо форма­лизованных областях: *биология, медицина, геология, соци­ология* и т.д.

Появилось большое количество различных вариантов алгоритмов распознавания.

Для всех таких алгорит­мов характерен общий недостаток:

в некотором смысле они являются *эвристическими,* в основу каждого положено интуитивное предположение (эвристика):

- о "компактности", объекты одного класса образуют компактное множество;

- о распре­делении объектов мн-ва по одному из унимодаль­ных законов и т.д.

"Частичное невыполнение гипотез" приво­дит к ошибкам даже при распознавании объектов и обучающей выборки.

2.

Алгоритмы, допускающие ошибки и отказы при клас­сификации объектов называют *некорректными* или *эврис­тическими*.

При использовании таких алгоритмов налагаются дополни­тельные условия:

- число ошибок и отказов должно быть минимальным;

- не должно превышать заданного числа при определенных ограничениях на распознаваемые объекты.

3.

*Принципы* формирования некорректных алгоритмов.

1. ***Алгоритмы, построенные на принципе разделения.***

Предполагается, что объ­екты, принадлежащие разным классам, можно разделить поверхностью достаточно простого вида.

Алгоритмы отличаются друг от друга:

- видом разделяющих поверхностей (*линей­ные, кусочно-линейные, полиномиальные и т.д.*);

- способом построения разделяющих поверхностей (аппарат *линейного и частично целочисленного программирования*, стандартные *вычислительные методы* и т.д.).

***4.***

***2. Статистические алгоритмы.***

Алгорит­мы базируются на принципах теории вероятности и математической статистики (используется строгие математические методы).

Правильно аппро­ксимировать обучающую выборку можно, в основном, весьма слож­ными многомерными распределениями.

Использовать эту аппроксимацию для практического применения невозможно. Поэтому обучающую выборку аппроксимиру­ют простыми законами распределения (например, *нормаль­ным*).

*Строгие математические результаты* при теоретических исследованиях становятся *нестрогими* в практическом применении.

***5.***

***3. Алгоритмы типа потенциальных функций.***

В основу формирования алгоритмов положено понятие физиче­ского потенциала.

По обучающей выборке определяется "масса каждого класса" .

Функция при­надлежности задается величиной, прямо пропорциональной "массе класса" и обратно пропорциональной расстоянию распознаваемо­го объекта  до класса.

***6.***

***4. Алгоритмы прецедентного типа.***

Алгоритмы, основанные на принципе «частичной» прецедентности.

Анализируется близость между частями описаний объектов из обучающей выборки и объекта, предъявленного для распознавания.

Алгоритмы этого класса представляют собой развитие тестовых алго­ритмов.

7.

Для повышения точности результатов работы некорректных алгоритмов применяется подход, основанный на двухуровневых схемах распознавания.

Некорректные алгоритмы рассматриваются как *ненадежно* работающие блоки в системе переработки информации.

Каждый из них решает одну и ту же задачу, а затем определенным образом произво­дится корректировка полученных результатов.

Подобный принцип был впервые разработан в теории автоматических систем при синтезе надежных схем из ненадежных элементов.

1.

***Двухуровневые схемы распознавания***

Пусть заданы:

-  - некоторая совокупность задач и- их решения;

-- множество (некорректно работающих) алгоритмов;

 - решений алгоритмами задач из множества.

В силу некорректности алгоритмов,  и  не совпадают.

Рассмотрим функцию (оператор) 

- с областью определения  и

- с областью значений .

2.

Оператор  переводит совокуп­ность решений , полученных алгоритмами , в элементы множества ).

Элементы называются скорректированными решениями задачи .

Качество корректировки можно контролировать с помощью задания *меры близости (расстояния)* между множествами  и .

3.

***Задача корректировки***

Основной *задачей* (при реализации принципа *корректировки)* является:

построение оператора (корректора), который минимизирует заданный функционал качества (мера близости) корректировки .

Для решения такой задачи необходимо располагать:

- информацией  об элементах множеств  и ;

- информацией  об используемых алгоритмах.

4.

Двухуровневая система распознавания имеет следующий вид:



На *первом уровне* работают отдельные алгоритмы;

на *вто­ром* – корректор определяет окончательный результат.

***Замечание.*** В качестве набора алгоритмов  могут использоваться просто реализуемые или оптимальные в конкретных моделях алгоритмы.

5.

Ф*ормальная постановка двухуровневой схемы* распознавания

(задачи распознавания с корректором).

Пусть заданы:

-конечная совокупность алгоритмов распознавания ;

- допустимый объект, предъявленный для распознавания;

- - решения алгоритмов.

Совокупность всех решений можно представить в виде таблицы:

.

6.

Любая строка таблицы *Т -*  - решения алгоритмов (классификационные вектора) отнесения объекта  к классу .

Множество функций , определенных на таком наборе строк, с областью значений - {0,1,2} задают множество до­пустимых корректоров.

В этом случае если:

- - объект (не) заносится в класс ;

- - объект не классифицируется.

Таким образом, работа корректора описывается функцией трехзначной логики: переменные и сама функция принимают значе­ния из {0,1,2}.

7.

Пусть заданы два множества:

- алгоритмов распознавания ;

- до­пустимых корректоров .

Пара  определяет *двухуровневую модель алгоритмов с корректором*, если - подмножество фиксированных алгоритмов из  и .

Если при распознавании объекта  относительно класса  алгоритмы  вынесли решения  ,

то  вычисляет значение .

8.

***Пример*** решения задачи.

Пусть заданы:

- обучающая выборка ;

- множество объектов , ;

- информационные векторы  - для любого объекта  известна их принадлежность к классам.

Множествоназывается тестовой (контрольной) выборкой.

Пусть алгоритмы  из  для объектов из  вычислили соответствующие классификационные векторы.

В результате будет построена таблица  , где .

*9.*

Строки таблицы  (наборы элементов из множества{0,1,2})

- вершины трехзначной -мерной целочисленной  решетки, таблица - подмножество дискретного пространства.

***Задача коррекции совокупности алгоритмов***

Требуется:

- построить корректор, выполняющий оптимальную кор­ректировку на контрольной выборке;

- продолжить не всюду определенную функцию на всю решетку.

Задача решается при специально подобранных функционалах ка­чества и некоторых ограничениях на корректор .

***10.***

Рассмотрим простой способ построения оптимальных (по качеству распознавания) корректоров , задаваемых произвольной функцией трехзначной логики.

***Построение оптимального корректора***

Пусть задано:

-  - конечный набор алгоритмов из множества ;

- - контрольная выборка объектов .

Из классификационных векторов

 

11.



Каждому набору таблицы 

соответствует пара .

12.

Построим оптимальный корректор , определенный на наборах таблицы , принимающий значения из множества .

Введем функцию  такую, что 

где  и  - координата информационного вектора , соответствующая паре .

Если все наборы таблицы *Т* - различны, то полагаем .

13.

Однако встре­чаются ситуации:

когда наборы и  равны при , а .

Возможны следующие ошибки классификации объекта:

а) объект , но корректор не относит его к классу ;\_

б) объект , но корректор относит его к классу .

Кроме того, возможны ситуации, когда корректор отказывается от классификации объекта.

14.

Введем функционал качества , определяемый таблицей штрафов, как функцию от значений  и .



- при правильном распознавании объекта , штраф равен нулю;

- при неправильном - величина штрафа больше нуля.

15.

Возможны, например, следующие виды штрафов:

а) ;

б) .

Над значениями  и  введем операцию  по правилу:



16.

Тогда функционал качества можно задать в виде следующего выражения:

.

Учитывая значения  и , функционал можно записать в виде:

,

где  - значение корректора  на наборе .

17.

Пусть - множество допустимых корректоров, определенных на наборах таблицы *Т*.

Корректор является оптимальным в , если:

.

Тогда для построения оптимального (по заданной контрольной выборке ) корректора  возможен следующий алгоритм.

***18.***

***Алгоритм***.

*Шаг 1.* Просматриваем наборы таблицы  и группируем пары  с равными наборами, получаем  - совокупности пар  с равными наборами.

*Шаг 2.* Рассматриваем совокупность для каждого  и вычисляем значение функционала



*Шаг 3.* Присваиваем корректору  на наборе  значение, для которого достигается .

19.

Если минимум достигается для нескольких значений , то корректору  присваивается одно из этих значений произвольно.

*Шаг 4.* (принцип останова) Алгоритм заканчивает работу, когда все  просмотрены.

Нетрудно доказать следующее:

***Утверждение.*** Построенный данным алгоритмом корректор  является оптимальным для заданной контрольной выборки .