

Классификация систем распознавания и кластерного анализа

- По однородности априорной информации (простые, сложные системы)
- По способу получения апостериорной информации (одноуровневые и многоуровневые системы)
- По количеству первоначальной априорной информации (системы без обучения, обучающиеся и самообучающиеся системы)
- По характеру информации о признаках (детерминирование, вероятностные, структурные, комбинированные)

Задача классификации, стоящая перед соответствующими алгоритмами классификации, является весьма трудной и спорной в силу чрезвычайной обильности свойств и концепций их построения. Множество алгоритмов классификации практически неисчерпаемо, поскольку из отдельных частей имеющихся процедур можно “собирать” новые алгоритмы. Варианты систематизации алгоритмов классификации обсуждались в публикациях А.А. Дорофеюка [15], С. А. Айвазяна и др. [2],

Н. Г. Загоруйко [24], Б. Г. Миркина [31, 32], Диде Э. [14], и др.

Уточним, что классификация – это распределение предметов, явлений по классам, отделам, разрядам в зависимости от их общих свойств.

Любая классификация основывается на определенных классификационных принципах. С точки зрения общности классификации систем распознавания рационально рассматривать в качестве классификационного принципа свойства информации, используемой в процессе распознавания.

Для классификации систем распознавания образов и классификации будем использовать следующие принципы:

1. Однородность информации. Здесь под однородностью следует понимать - различную или единую физическую природу информации (признаков). По этому принципу системы распознавания можно подразделить на простые и сложные в зависимости от того, физически однородная или физически неоднородная информация используется для описания распознаваемых объектов, имеют ли признаки, на языке которых произведено описание алфавита классов, единую или различную физическую природу.

Простые системы характеризуются единой физической природой признаков. К ним относят, например, читающие автоматически распознающие устройства, в которых признаки рабочего словаря представляют собой лишь те или иные линейные размеры распознаваемых объектов; автоматы для размена монет, где в качестве признака, используемого при распознавании монет, берется их вес; автоматические устройства, предназначенные для отбраковки деталей, в которых в качестве признаков, применяемых для описания классов бракованных и небракованных деталей, используются либо некоторые линейные размеры, либо вес и т.д.

Сложные системы характеризуются физической неоднородностью признаков. К ним относят, например, системы медицинской диагностики, в которых в качестве признаков (симптомов) могут использоваться данные анализа крови и кардиограмма, температура и динамика кровяного давления и т.п.; системы, предназначенные для распознавания образцов геологической разведки, в которых в качестве признаков берутся различные физические и химические свойства, или образцов военной техники вероятного противника и т.д.

Хорошо иметь всего 1-2 признака и при этом желательно однородных, чтобы решать задачу компьютерного распознавания, например, заболеваний печени.

1. Способ получения апостериорной информации. По этому принципу сложные системы распознавания делятся на одноуровневые и многоуровневые.

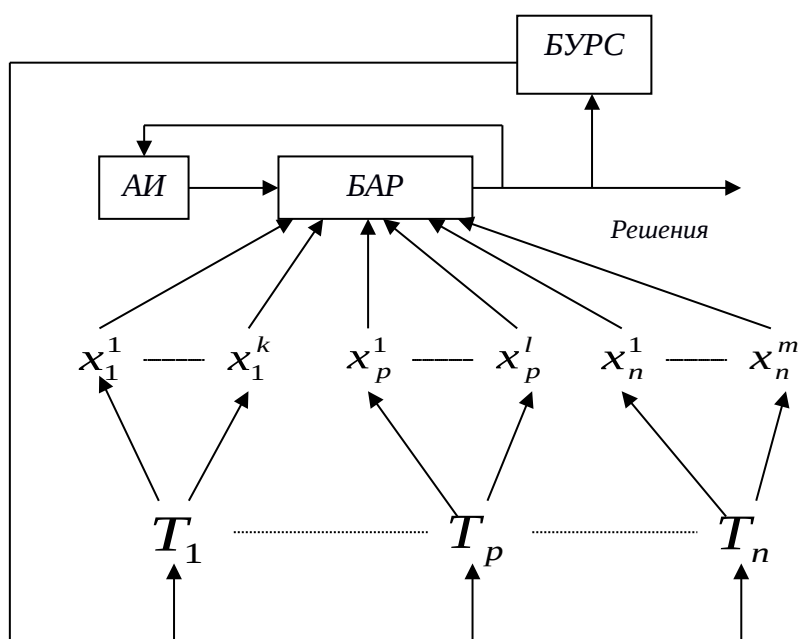


Рис. 1.3. Одноуровневая сложная система распознавания

В одноуровневых сложных системах апостериорная информация о признаках распознаваемых объектов $x_1, \dots, x_N$ определяется прямыми измерениями непосредственно на основе обработки результатов экспериментов (рис. 1.3, где АИ - априорная информация (априорное описание классов распознавания объектов); БАР - блок алгоритмов распознавания; БУРС - блок управления работой средств).

В одноуровневых системах (рис. 1.3) по данным технических средств $T_1, \dots, T_p, \dots, T_n$ на основе обработки полученных реализаций непосредственно находят признаки $x_1^1, \dots, x_1^k, x_p^1, \dots, x_p^l; x_n^1, \dots, x_n^m$ неизвестных объектов или явлений, которые используются для их распознавания.

В многоуровневых сложных системах апостериорная информация о признаках определяется на основе косвенных измерений. Для таких измерений используются специализированные локальные распознающие системы (рис. 1.4).

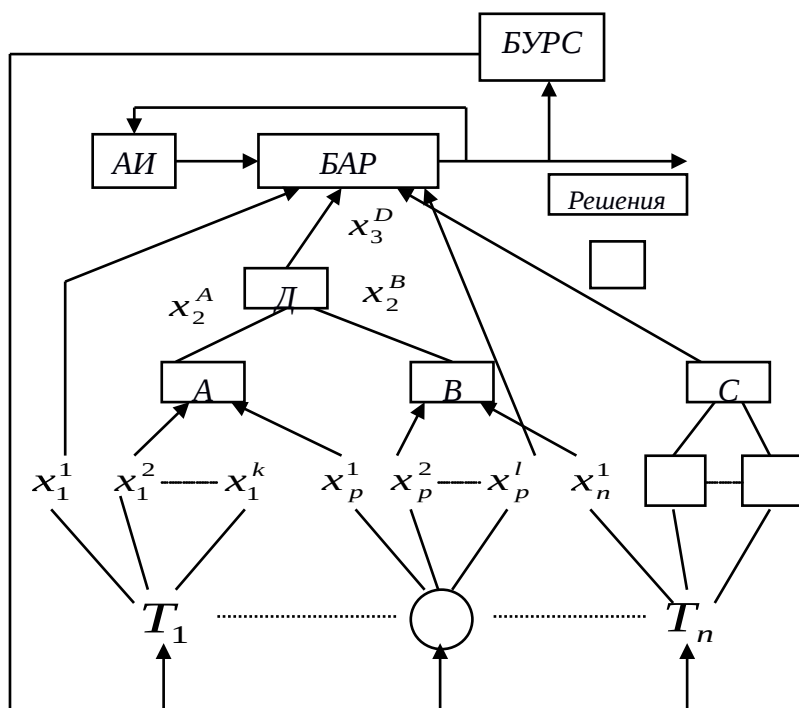


Рис.1.4. Многоуровневая сложная система распознавания

В многоуровневых системах (рис. 1.4) по данным технических средств $T_1, \dots, T_p, \dots, T_n$ определяются признаки $x_1^1, \dots, x_1^k, x_p^1, \dots, x_p^l, x_n^1, \dots, x_n^m$ (назовем их первичными), которые подразделяются на группы.

Группа 1. К ней относят признаки, используемые в локальных распознающих устройствах первого (нижнего) уровня (назовем эти признаки признаками первого уровня) для определения признаков второго уровня. На рис. 1.4 такими признаками являются $x_1^2, x_p^1, x_p^2, x_n^1, x_n^2, x_n^m$. На основе этих признаков распознающие устройства первого уровня A, B, C определяют признаки второго уровня x_2^A, x_2^B, x_2^C .

Группа 2. К ней относят признаки, непосредственно используемые в распознающих устройствах второго уровня для определения признаков третьего уровня. На рис. 1.4 таким признаком является x_1^k , используемый наряду с признаками второго уровня x_2^A, x_2^B в распознающем устройстве второго уровня D , для определения признака третьего уровня x_3^D .

Группа 3. К ней относят признаки, используемые в распознающих устройствах третьего уровня для определения признаков четвертого уровня и т.д.

К последней группе относят признаки, непосредственно используемые в процессе распознавания неизвестных объектов, т.е. признаки, входящие в рабочий словарь признаков системы распознавания. На рис. 1.4 такими признаками являются x_1^1 и x_p^1 (назовем эти признаки признаками верхнего уровня).

Таким образом:

в одноуровневых системах информация о признаках распознаваемого объекта (апостериорная информация) формируется непосредственно на основе обработки прямых измерений;

в многоуровневых системах информация о признаках формируется на основе косвенных измерений как результат функционирования вспомогательных распознающих устройств (пример: измерение дальности радиолокатором по времени задержки излученного импульса).

На входы таких устройств поступает предварительно обработанная информация, а на выходах образуется либо непосредственно информация о признаках распознаваемых объектов или явлений, либо промежуточная информация, используемая распознающими

устройствами следующих уровней для формирования информации о признаках распознаваемых объектов.

3. Количество первоначальной априорной информации. Здесь вопрос касается того, достаточно или недостаточно априорной информации для определения априорного алфавита классов, построения априорного словаря признаков и описания каждого класса на языке этих признаков в результате непосредственной обработки данных.

Соответственно этому системы распознавания образов и классификации делятся на: системы без обучения; обучающиеся и самообучающиеся системы.

Сразу заметим, что многоуровневые сложные системы однозначно нельзя разделить на указанные классы, так как каждая из локальных систем, входящих в их состав, сама может представлять как систему без обучения, так и систему обучающую или самообучающуюся.

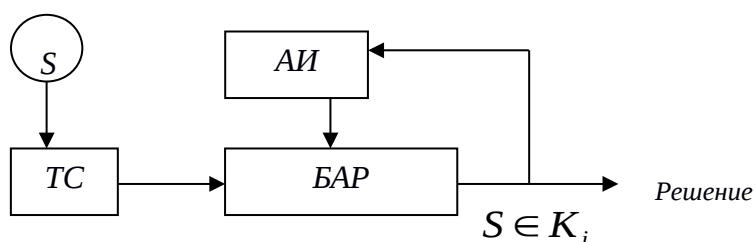


Рис. 1.5. Структурная система без обучения

Системы без обучения. В этих системах первоначальной информации достаточно для того, чтобы в соответствии с выбранным принципом классификации разделить все множество объектов на классы $k_1, \dots, k_m$, определить словарь признаков $x_1, \dots, x_N$ и на основе непосредственной обработки исходных данных описать каждый класс объектов на языке этих признаков.

Будем считать, что для построения этого класса систем необходимо располагать полной первоначальной априорной информацией. На рис. 1.5 представлена структурная система без обучения (где ТС - технические средства; АИ - априорная информация; БАР - блок алгоритма распознавания).

Обучающиеся системы. В этих системах первоначальной априорной информации достаточно для того, чтобы в соответствии с избранным классификационным признаком разделить все множество объектов на классы $k_1, \dots, k_m$ и определить словарь признаков $x_1, \dots, x_N$, но недостаточно (либо ее по тем или другим соображениям нецелесообразно использовать) для описания классов на языке признаков. Исходная информация, необходимая для построения обучающихся систем распознавания, позволяет выделить конкретные объекты, принадлежащие различным классам, и может быть представлена в следующем виде:

$$\left[(S_1, S_2, \dots, S_r) \in K_1 \mid (S_{r+1}, S_{r+2}, \dots, S_q) \in K_2 \mid \dots \right] \quad (1.12)$$

Положим значения признаков у объекта $S_1 - (x_1^{(1)}, \dots, x_N^{(1)})$; $S_2 - (x_1^{(2)}, \dots, x_N^{(2)})$ и т.д., тогда исходная информация может быть представлена в виде *обучающей последовательности*

$$\left[(x_1^{(1)}, \dots, x_N^{(1)}); \dots; (x_1^{(r)}, \dots, x_N^{(r)}) \right] \in K_1 \mid \dots \right], \quad (1.13)$$

наличие которой позволяет организовать процедуру обучения. Цель процедуры обучения - определение разделяющих функций $F_i(x_1, \dots, x_N)$, $i=1, \dots, m$ путем многократного

предъявления системе распознавания различных объектов с указанием классов, к которым эти объекты принадлежат.

Системы распознавания с обучением на стадии формирования "работают учителем". Эта работа заключается в том, что "учитель" многократно предъявляет системе обучающие объекты всех выделенных классов и указывает, к каким классам они принадлежат. Затем "учитель" начинает "экзаменовать" систему распознавания, корректируя ее ответы до тех пор, пока количество ошибок в среднем не достигнет желаемого уровня.

На рис. 1.6 представлена структурная схема обучающей системы (где ОО - обучающие объекты; ТС - технические средства; АИ - априорная информация; БАР - блок алгоритмом распознавания; штриховые линии - режим обучения; сплошные линии - "экзамен").

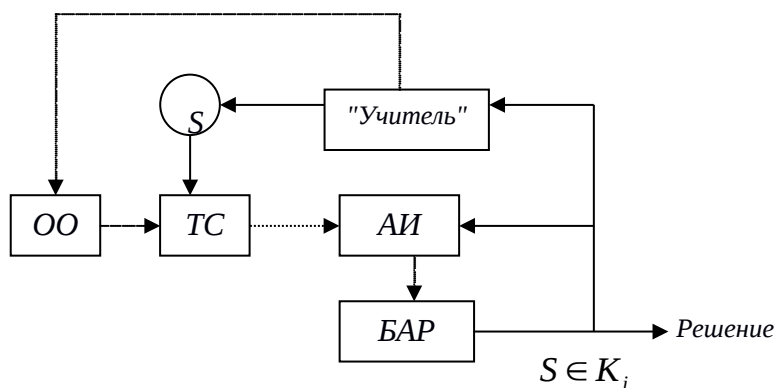


Рис.1.6. Структурная схема обучающей системы

Самообучающиеся системы. В этих системах первоначальной априорной информации достаточно лишь для определения словаря признаков $x_1, \dots, x_N$, но недостаточно для проведения классификации объектов.

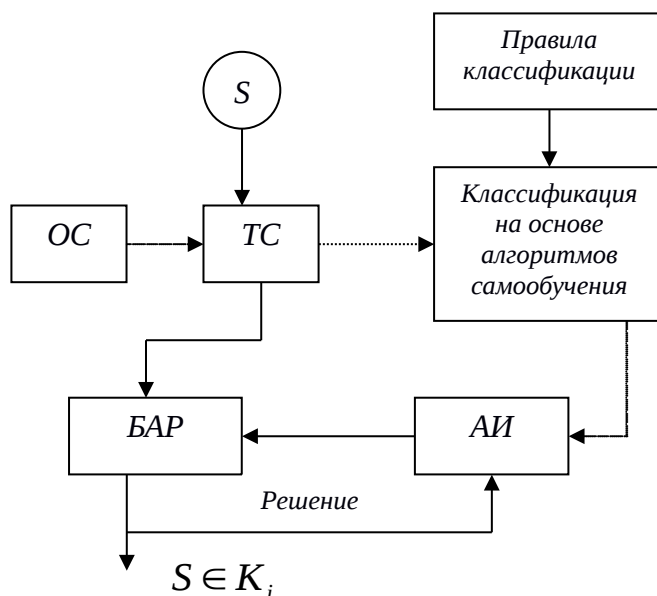


Рис.1.7. Схема самообучающейся системы

На стадии формирования системы ей предъявляют исходную совокупность объектов $S_1, \dots, S_l$, заданных значениями своих признаков $S_1 - (x_1^1, \dots, x_N^1); \dots; S_l - (x_1^l, \dots, x_N^l)$. Однако из-за ограниченного объема первоначальной информации система при этом не получает указаний о том, к какому классу объекты исходной совокупности принадлежат. Эти указания заменяются набором правил, в соответствии с которыми на стадии самообучения система распознавания сама вырабатывает классификацию, которая, вообще говоря, может отличаться от естественной и в дальнейшем ее придерживаться.

На рис. 1.7 приведена структурная схема самообучающейся системы (где ОС - объекты для самообучения; ТС - технические средства; АИ - априорная информация; БАР - блок алгоритмом распознавания, штриховые линии - режим самообучения; сплошные линии - распознавание неизвестных объектов). Термин "полная первоначальная априорная информация" характеризует не абсолютное, а относительное количество необходимой информации. Он указывает на то, что в системах без обучения при прочих равных условиях количество первоначальной информации больше, чем в системах распознавания других названных классов. В то же время для систем распознавания одинаковых классов абсолютное количество первоначальной информации может быть различным при необходимости распознавать объекты или явления различной естественной или социальной природы.

Не следует думать, что системы с обучением или с самообучением обходятся без недостающей априорной информации. Они ее получают в процессе обучения или самообучения. Более того, цель обучения или самообучения - выработать такое количество информации, которое необходимо для функционирования системы распознавания.

Создание обучающихся и самообучающихся систем распознавания обусловлено тем, что на практике достаточно часто встречаются ситуации, когда отсутствует полная первоначальная априорная информация.

Если в качестве принципа классификации использовать характер информации о признаках распознаваемых объектов, которые можно подразделить на логические и вероятностные, то в зависимости от того, на языке каких признаков производится описание этих объектов, системы распознавания могут быть также подразделены на логические и вероятностные.

Таким образом, в самообучающихся системах так же, как для обучающихся систем, существует период обучения, характерно наличие периода самообучения, когда ей предъявляются объекты обучающей последовательности. Только при этом не указывается принадлежность их к каким-либо классам. В другой, широко применяемой терминологии самообучающихся систем, - это система автоматического кластерного анализа или таксономии (taxis – порядок; nomos - закон).

4. Характер информации о признаках распознавания. С характеристикой информации о признаках распознавания мы уже имели дело при изучении задач создания систем распознавания образов и классификации. В соответствии с ее отличительными особенностями системы подразделяются на: детерминированные; вероятностные; логистические; структурные (лингвистические); комбинированные.

Подытоживая сказанное, отметим характерные особенности этих систем, а именно: метод решения задачи распознавания и метод априорного описания классов.

Детерминированные системы

- а) Метод решения задачи распознавания: использование геометрических мер близости;
- б) Метод априорного описания классов: координаты векторов-эталонов по каждому из классов или координаты всех объектов, принадлежащих к классам (наборы эталонов по каждому классу).

Вероятностные системы

- а) Метод решения задачи распознавания: вероятностный, основанный на вероятностной мере близости (средний риск);

б) метод априорного описания классов: вероятностные зависимости между признаками и классами.

Логические системы

а) Метод решения задачи распознавания: логический, основанный на дискретном анализе и исчислении высказываний;

б) Метод априорного описания классов: логические связи, выражаемые через систему булевых уравнений, где признаки - переменные, классы - неизвестные величины.

Структурные (лингвистические) системы

а) Метод решения задачи распознавания: грамматический разбор предложения, описывающего объект на языке непроеизводных структурных элементов с целью определения его правильности;

б) Метод априорного описания классов: подмножество предложений, описывающих объекты каждого класса.

Комбинированные системы

а) Метод решения задачи распознавания: специальные методы вычисления оценок;

б) Метод априорного описания классов: табличный, предполагающий использование таблиц, содержащих классифицированные объекты и их признаки (детерминированные, вероятностные, логические).

Комбинированные системы требуют отдельного рассмотрения для понимания принципов их построения.

В целом рассмотренная классификация распознающих и классифицирующих систем может быть представлена следующей схемой (рис. 1.8).

Классификация систем была бы неполной, если бы мы не коснулись экспертных систем, стоящих несколько в стороне от приведенной методологии построения изучаемых нами классических систем.

Эти системы основываются на методах искусственного интеллекта.

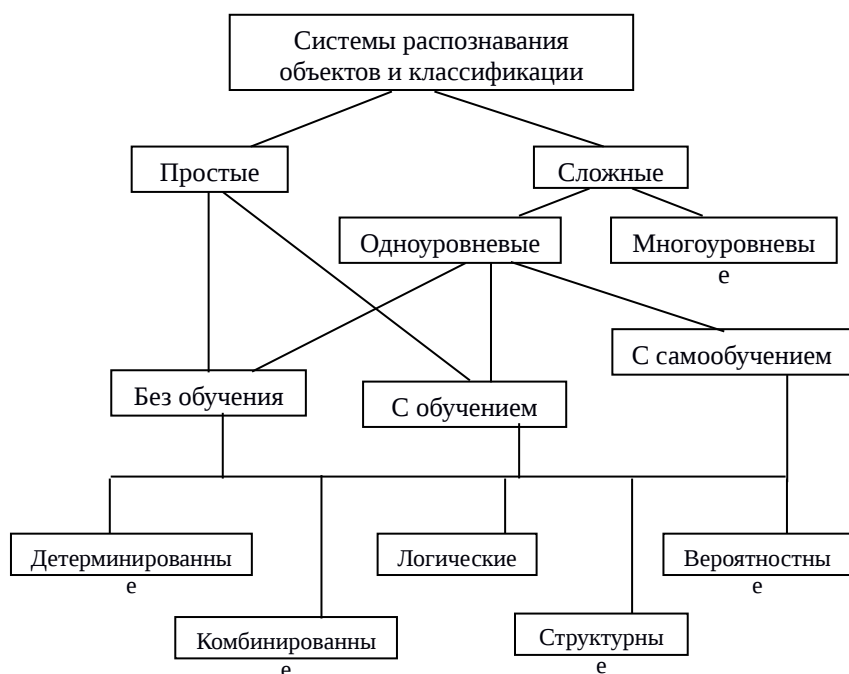


Рис. 1.8. Классификация систем распознавания

Классические решения задач распознавания основываются на моделировании математико-алгоритмических функций (уравнения, системы уравнений), детерминированных или стохастических систем с точным определением области применения, значений параметров, диапазонов сигналов, интервалов времени, частотных диапазонов и т.п.

Эти задачи опираются на надежные, научно обоснованные знания. В них реализуются новые и оригинальные достижения высококвалифицированных специалистов, имеющих в то же время узкую специализацию.

Однако такие специалисты достаточно редки. Это и побуждает создавать экспертные системы, основанные на представлении неалгоритмического, логического, декларативного характера, нечеткого и слабо формализованного знания в виде множества фактов и правил, причинно-следственных связей.

Указанные знания при этом могут быть как заслуживающими доверия и апробированными независимыми применениями, так и сомнительными.

Экспертные системы распознавания - это специализированные автоматы обработки знаний для интерактивного и кооперативного решения проблем распознавания на естественном профессиональном языке со способностями приобретения, хранения и представления знаний в форме алгоритмических программ с одной стороны и неалгоритмических фактов и правил – с другой стороны.

Изучение экспертных систем - это отдельный предмет с его методами и подходами.