

## Лекция 1

План лекции:

1. Основные понятия и особенности задачи распознавания образов.
2. Роль объектов в распознавании образов.
3. Понятие “расстояние” в процедуре классификации объектов.

### 1.1 Общие положения распознавания образов

В настоящее время во всех областях науки и техники встречаются термины: “идентификация”, “анализ”, “обработка данных”. Актуальной стала реализация этих понятий с помощью вычислительной техники.

Центральное место среди названных понятий занимает задача распознавания образов. Ее решение с помощью технических средств может быть осуществлено путем моделирования операций, выполняемых живыми организмами в процессе коммуникации и восприятия окружающего мира. Наиболее удачно положить в основу модели способности человека в распознавании и реакции на окружающую действительность. Кроме того, замена человека автоматом диктуется жизненной необходимостью: работа внутри ядерного реактора, в космосе, под водой. После восприятия в этих условиях требуется, чтобы техническое устройство самостоятельно принимало решение на основе анализа им окружающей обстановки. Работа таких роботов становится эффективнее, если они могут адаптироваться к окружающей среде и локально или глобально управлять решением поставленной задачи.

В соответствии с характером распознаваемых образов процедуры распознавания можно разделить на два основных типа: *распознавание конкретных объектов* и *распознавание абстрактных объектов*. Процесс, включающий распознавание зрительных и слуховых образов, можно определить как “сенсорное” распознавание. Процессы этого типа обеспечивают идентификацию и классификацию пространственных и временных образов. Процессы, обеспечивающие распознавание абстрактных объектов, можно определить как “понятийное” распознавание в отличие от зрительного или слухового распознавания.

В задачах распознавания образов выделяют два основных направления.

1. Изучение способностей к распознаванию, которыми обладают живые организмы.
2. Развитие теории и методов построения устройств, предназначенных для решения отдельных задач распознавания образов в определенных прикладных областях.

Образ – это описание любого элемента как представителя соответствующего класса образов. В случае, когда множество образов разделяется на непересекающиеся классы, желательно использовать для отнесения этих образов к соответствующим классам какое-либо автоматическое устройство.

Распознавание образов как научное направление включает в себя ряд дисциплин: информатику, прикладную физику (разработка эффективных датчиков), разделы математики, лежащие в основе обработки данных. Тогда дадим общее определение понятия распознавания образов.

Это совокупность методов и средств, позволяющих достигнуть, а по возможности превзойти естественные средства восприятия и анализа окружающего мира живыми существами.

Вот некоторые задачи, решение которых связано с развитием данного научного направления:

- автоматическое чтение текста (сканирование);
- восприятие техническими устройствами слитной речи (распознавание речи);
- автоматизация медицинской диагностики;
- автоматический синхронный перевод с одного языка на другой;
- дистанционная идентификация объектов;
- криминалистика.

Ясно, что распознаванию предшествует процедура восприятия. Под ним понимают процесс познания путем умозаключений или с помощью органов чувств. Способность познавать лежит в основе классификации, после которой следует процесс идентификации.

## 1.2 Объекты в распознавании образов

Распознавание объектов проводится с помощью датчиков. Для того чтобы определить их роль в системах распознавания, следует разграничить два принципиально разных класса образов, для которых системы предназначены: конкретные и абстрактные. К первому классу относятся все реальные объекты, а также их изображения или словесные описания. Ко второму относятся механизмы формирования понятий, которые могут быть отнесены к области искусственного интеллекта. Сюда входят мнения, пожелания и т.д.

Датчик связывает объект (внешний мир) с системой распознавания. Одно из главных его свойств – это соответствие между входными и выходными сигналами. Если рассматривать задачу распознавания в самом общем виде, то ее можно сформулировать как задачу разработки процедуры, позволяющей разбивать множество объектов на классы. При этом подразумевается, что такое разбиение существует. Подобное утверждение в общем случае не верно, так как если с ним согласиться, то получается, что все и всегда можно формализовать. А это особенно сомнительно для абстрактных объектов. Поэтому в самом общем представлении задача распознавания неразрешима. Мы воспринимаем не сам объект, а лишь некоторые понятия, связанные с ним (свойства объекта). Эти свойства различны в зависимости от того, кто является получателем информации: человек или техническое устройство.

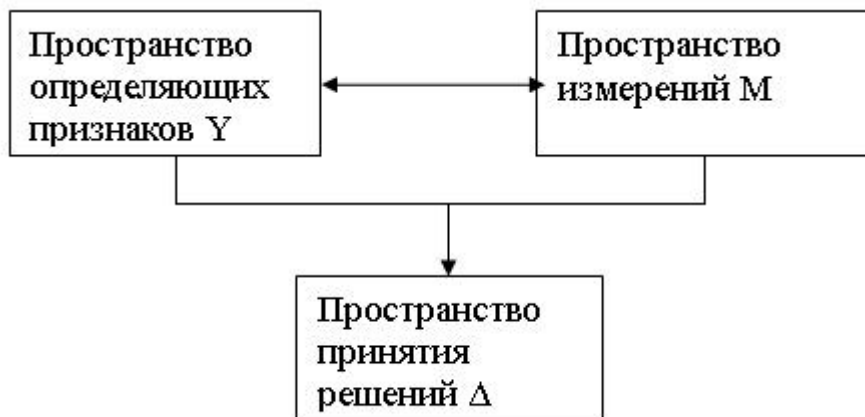
Очевидно, что число различных характеристик объекта может быть очень большим. На практике выбирают ограниченное множество признаков объекта.

Пусть  $\{F\}$  – множество объектов,  $X$  –  $n$ -мерное пространство признаков, где  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Разбиение на классы можно считать полностью завершённым, если для всех  $X_i (i=1, 2, \dots)$  выполняется условие:  $X_i \cap X_j = 0 (\forall i, j)$ , где  $X_i$  – совокупность разделения  $X$  и задача заключается в отыскании функции  $f$ , которая обеспечивает это разделение, т.е.  $f: X \rightarrow \Pi(X)$ .  $\Pi(X)$  – подмножества  $X$ .

Будем рассматривать совокупность признаков объекта как множество  $C$ :  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ . Для характеристик элементов используются различные способы: количественный, вероятностный, двоичный. Обозначим через  $M$  пространство измерений, элементами  $m_{ij}$  которого являются результаты определения одного из возможных значений признака  $c_i$ .

Практически используются не все признаки, а лишь те, которые являются определяющими для дальнейших процедур, в частности для решающих правил. Существенные признаки образуют сокращенное множество  $Y$ , отличное от множества  $C$ :  $|Y| < |C|$   $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ .

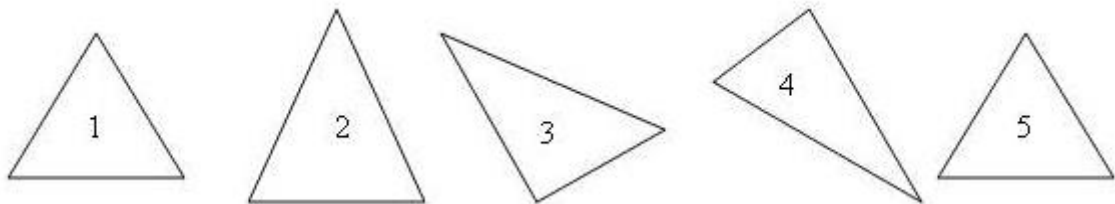
Рассмотрим этапы, составляющие процесс распознавания.



В пространстве  $\Delta$  выполняется сравнение значений признаков в соответствии с критериями, разработка которых представляет самостоятельную задачу. Результатом сравнения является отнесение объекта к тому или иному классу.

Пример:

$\{F\}$  – пять треугольников



$Y = \{y_1, y_2, y_3\}$  – длины сторон. Измерив длины, получаем  $M$   
 $M_1 = \{2, 2, 2\}$ ,  $M_2 = \{1, 2, 1.5\}$ ,  $M_3 = \{2, 3, 1.5\}$ ,  $M_4 = \{1, 3.5, 4\}$ ,  $M_5 = \{2, 2, 1\}$ .

По результатам выделим три класса признаков:  $X_1$  – равносторонние треугольники;  $X_2$  – равнобедренные треугольники;  $X_3$  – остальные треугольники.

Здесь попутно выполнена и идентификация, которая имеет смысл, если классы поименованы. На этапе распознавания обычно бывает достаточно разделения пространства на отдельные области.

### 1.3 Классификация объектов

Процедура классификации заключается в том, чтобы отнести каждый объект к тому или иному классу. Классы могут быть заданы заранее или образовываться в процессе обучения, т.е. применения решающих правил к предъявляемым объектам, принадлежность которых к определенному классу известна априори.

Введем понятие расстояния. Это средство оценки того, насколько близки между собой две реализации или два образа, т.е. расстояние определяет степень сходства двух объектов. Для определения этого понятия было предложено множество математических выражений. Это связано со многими причинами: скоростью выполнения операций на ЭВМ зависит от вида арифметического действия; некоторые задачи требуют ответа двоичного типа (“да”, “нет”).

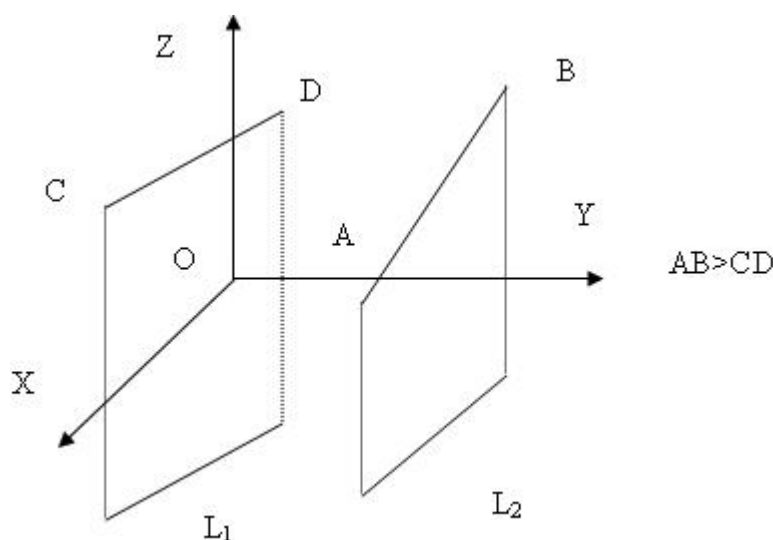
Уточним это понятие для случая метрического пространства  $X$ . Будем называть расстоянием между точкой  $P \in X$  и классом  $X_0 \subset X$  величину  $d_1$ , определяемую выражением  $d_1(P, X_0) = \inf d\{(P, M), M \in X_0\}$ .

Расстояние между двумя классами  $X_1 \subset X$  и  $X_2 \subset X$  определяется величиной  $d_2$ , вычисляемой аналогично величине  $d_1$ :

$$d_2(X_1, X_2) = \inf d\{(P, M) | P \in X_1, M \in X_2\}.$$

Очевидно, что чем меньше расстояние между двумя объектами, тем больше сходство между ними. Правда, это утверждение справедливо лишь в пространстве удачно выбранных признаков, а это выполняется не всегда. Особенно часто возможны ошибки на начальном этапе разработки процедуры распознавания.

Пример:



Длины отрезков  $AB$  и  $CD$  в Евклидовом пространстве  $(X, Y, Z)$  различны, а их проекции на плоскость  $XOY$  одинаковы. Поэтому, если рассматривать только плоскость  $XOY$ , можно прийти к ошибочному заключению о равенстве отрезков, что противоречит действительности. Из этого примера видно, что при вычислении расстояния могут возникнуть проблемы. Кроме того, вычисление Евклидова расстояния с помощью вычислительной техники может вызвать ряд трудностей, поэтому используются и другие способы вычисления расстояния. С точки зрения пользователя они обладают существенными недостатками: не всегда согласуются с нашим привычным восприятием.

Рассмотрим три наиболее распространенных способа определения расстояний в задачах распознавания образов.

$d_1$  – Евклидово расстояние,  $d_1(\overline{X_i}, \overline{X_j}) = \left\{ \sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2 \right\}^{1/2}$ .

$d_2$  – расстояние по Манхэттену,  $d_2(\overline{X_i}, \overline{X_j}) = |x_{ik} - x_{jk}|$ .

$d_3$  – Чебышевское расстояние,  $d_3(\overline{X_i}, \overline{X_j}) = \max_k |x_{ik} - x_{jk}|$ .

$\overline{X_i}, \overline{X_j}$  – векторы, между которыми оценивается расстояние,  $x_{ik}$  –  $k$ -ая составляющая вектора  $X_i$ .