

Распознавание образов



Обзорная лекция

Лингвистическое обеспечение АСОИУ

Содержание

- Общее представление о распознавании
 - Типы задач в распознавании
 - Классификация методов распознавания
-

Общее представление о распознавании

Естественное распознавание

- Распознавание — способность живых организмов обнаруживать в потоке информации, поступающей от органов чувств, определённые объекты, закономерности, явления;
 - Живые организмы выполняют распознавание эффективно и подсознательно;
 - Распознавание осуществляется на основе информации, поступающей от всех органов чувств.
-

Общее представление о распознавании

Обобщённое понятие

- Распознавание — способность живых организмов обнаруживать в потоке информации, поступающей от органов чувств, определённые объекты, закономерности, явления;
 - Возможность распознавания опирается на схожесть однотипных объектов;
 - Классификация — разбиение всего множества объектов на непересекающиеся подмножества – классы, элементы которых имеют некоторые схожие свойства, отличающие их от элементов других классов;
 - Обобщённое понятие распознавания – обнаружении объектов в потоке не только чувственной, но и любой другой информации;
 - Пример: распознавание болезни по её симптомам у больного или распознавание социальных явлений по статистической информации.
-

Общее представление о распознавании

Машинное распознавание

- Разработка методов машинного распознавания позволяет:
 - Расширить круг выполняемых компьютерами задач;
 - Сделать машинную переработку информации более интеллектуальной.
 - Примеры сфер применения машинного распознавания:
 - Распознавание текста;
 - Машинное зрение;
 - Распознавание речи;
 - Распознавание отпечатков пальцев.
 - Современные системы не решают задачу распознавания так же эффективно и в столь же общем виде, как это делают живые организмы
-

Типы задач фазы функционирования

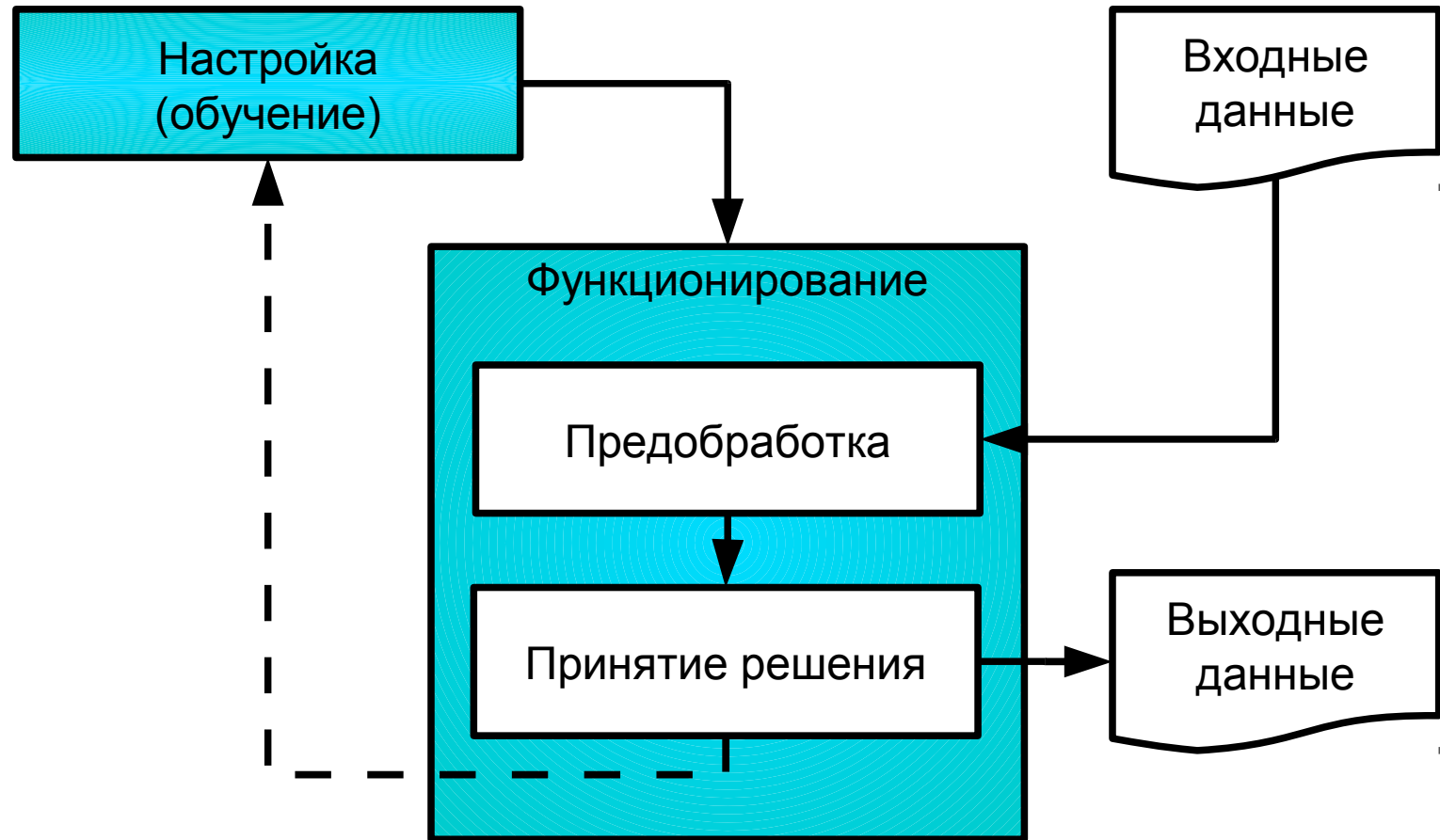
Этап предобработки

1. Создание **формализованного описания** объектов распознавания, пригодного для использования алгоритмами собственно распознавания.

Этап принятия решения

2. **Распознавание** (обучение с учителем) — отнесение предъявляемых объектов к определённым классам с помощью применения известных правил классификации.
 3. **Классификация** (обучение без учителя) — разбиение множества объектов на непересекающиеся классы по их формализованным описаниям.
-

Типичная схема работы системы распознавания



Задача распознавания

Математическая постановка

- Исходные данные:
 - M – множество объектов ω ;
 - $I(\omega) = (x_1(\omega), x_2(\omega), \dots, x_N(\omega))$ – описание объекта ω ;
 - $M = \bigcup_{i=0}^m \Omega_i$ – разбиение множества M на классы, определяемое априорной информацией I_0 .
 - Постановка задачи:
 - для каждого данного объекта ω вычислить значения предикатов
$$P_i = (\omega \in \Omega_i), \quad i = 1, \dots, m$$
 - для описания невозможности распознавания объектов предикаты заменяются величинами $\alpha_i \in \{0(\omega \notin \Omega_i), 1(\omega \in \Omega_i), \Delta(\text{неизвестно})\}$
 - таким образом, для рассматриваемого объекта ω необходимо вычислить его информационный вектор
$$\alpha(\omega) = (\alpha_1(\omega), \dots, \alpha_m(\omega))$$
-

Задача распознавания

Способы определения классов

□ Перечисление

- Каждый класс задаётся путём прямого указания его членов;
 - Используется, если доступна полная априорная информация о всех возможных объектах распознавания;
 - Предъявляемые системе образы сравниваются с заданными описаниями представителей классов и относятся к тому классу, которому принадлежат наиболее сходные с ними образцы – метод *сравнения с эталоном*;
 - Применим, к примеру, при распознавании машинопечатных символов определённого шрифта;
 - Недостаток – слабая устойчивость к шумам и искажениям в распознаваемых образах.
-

Задача распознавания

Способы определения классов

- Задание общих свойств:
 - Класс задаётся указанием некоторых признаков, присущих всем его членам;
 - В его первичном описании распознаваемого объекта выделяются значения определённого набора признаков, которые затем сравниваются с заданными признаками классов - *сопоставление по признакам*.
 - Такой метод экономичнее метода сравнения с эталоном в вопросе количества памяти, необходимой для хранения описаний классов.
 - Допускает некоторую вариативность распознаваемых образов.
 - Недостаток – сложность определения полного набора признаков, точно отличающих членов одного класса от членов всех остальных.
-

Задача распознавания

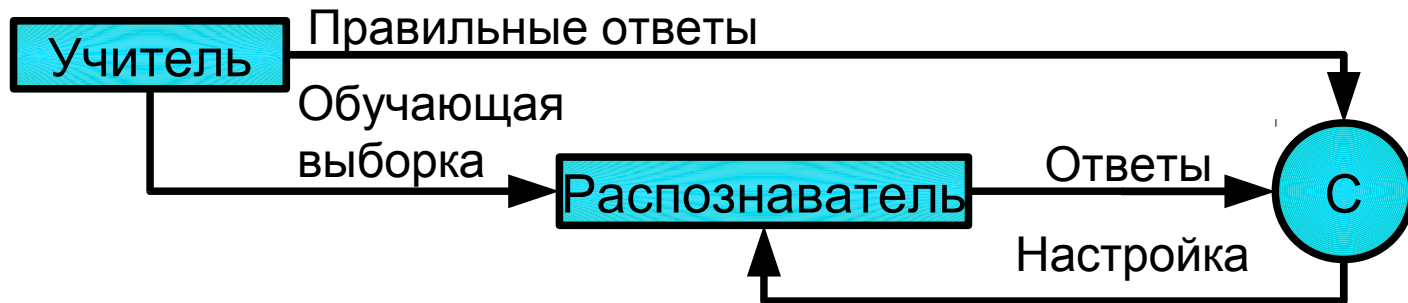
Способы определения классов

- Кластеризация:
 - В случае, когда объекты описываются векторами признаков или измерений, класс можно рассматривать как кластер.
 - Распознавание осуществляется на основе расчёта расстояния описания объекта до каждого из имеющихся кластеров.
 - Если кластеры достаточно разнесены в пространстве, при распознавании хорошо работает метод оценки расстояний от рассматриваемого объекта до каждого из кластеров.
 - Сложность распознавания возрастает, если кластеры перекрываются.
 - Для задания исходных кластеров целесообразно использовать процедуру обучения.
-

Задача распознавания

Обучение с учителем

- Обучение системы является альтернативой ручному вводу в систему описаний классов объектов и параметров решающей функции.
- Представляет собой процедуру самонастройки системы распознавания на основе воспринимаемой информации и может происходить как при подготовке системы, так и в процессе её работы по мере «накопления опыта».
- **Обучением с учителем** называется вид обучения, в котором системе представляется набор образцов распознаваемых объектов с указанием их принадлежности классам.
- Набор образцовых объектов называется *обучающей выборкой*.



Задача распознавания

Обучающая выборка

- Обучающая выборка является фрагментом априорной информации о множестве распознаваемых объектов и представляет описание всех классов объектов:

$$T = I_0(\Omega_1, \dots, \Omega_m)$$

- Её составляют описания предложенных учителем объектов с указанием их принадлежности классам

$$(I(\omega_1), \dots, I(\omega_{r_1}), I(\omega_{r_1+1}), \dots, I(\omega_{r_2}), \dots, I(\omega_{r_m}))$$

где объекты $\omega_1, \dots, \omega_{r_1}$ принадлежат классу Ω_1 ,

объекты $\omega_{r_1+1}, \dots, \omega_{r_2}$ - классу Ω_2 и т.д.

Задача распознавания

Обучающая выборка

	x_1	x_2	...	x_N	Классы
ω_1	$x_1(\omega_1)$	$x_2(\omega_1)$	...	$x_N(\omega_1)$	Ω_1
ω_2	$x_1(\omega_2)$	$x_2(\omega_2)$	...	$x_N(\omega_2)$	
...	...	...	...	...	
ω_{r_1}	$x_1(\omega_{r_1})$	$x_2(\omega_{r_1})$	...	$x_N(\omega_{r_1})$	
...	...	...	...	...	...
$\omega_{r_{m-1}+1}$	$x_1(\omega_{r_{m-1}+1})$	$x_2(\omega_{r_{m-1}+1})$	...	$x_N(\omega_{r_{m-1}+1})$	Ω_m
...	...	...	...	...	
ω_{r_m}	$x_1(\omega_{r_m})$	$x_2(\omega_{r_m})$	...	$x_N(\omega_{r_m})$	

Задача распознавания

Примеры систем

- OCR;
 - распознавание отпечатков пальцев;
 - машинное зрение робототехнических систем;
 - распознавание речи;
 - биомедицинские приложения: анализ и автоматическая обработка рентгенограмм, электрокардиограмм, исследования хромосом, диагностика заболеваний, интерпретация опросников;
 - контроль и мониторинг технических систем.
-

Задача классификации

Математическая постановка

- Исходные данные:
 - M – множество объектов ω ;
 - $I(\omega) = (x_1(\omega), x_2(\omega), \dots, x_N(\omega))$ – описание объекта ω ;
 - $K(I(\omega))$ – критерий, позволяющий отличать объекты друг от друга в соответствии с определённым условием. Например – целое число, определяющее положение объекта в некоторой ранговой системе.
 - Постановка задачи:
 - построить разбиение множества M на классы $\Omega_i : M = \bigcup_{i=0}^m \Omega_i$
 - действие критерия в этом случае определяется следующим выражением:
$$\forall i, j (i, j = 1, \dots, m) \quad i \neq j \Leftrightarrow K(I(\omega \in \Omega_i)) \neq K(I(\omega \in \Omega_j))$$
 - Замечание: число классов m изначально неизвестно и определяется по результатам выполнения классификации.
-

Задача классификации

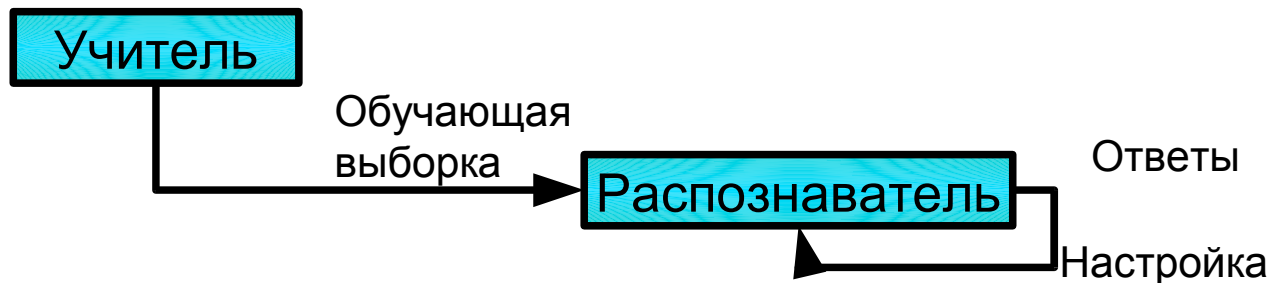
Способы определения критериев различия

- В задачах классификации для задания правил различия объектов могут быть использованы те же методы, что и при описании классов в задаче распознавания:
 - *Прямое перечисление* можно задать примеры заведомо различающихся объектов. Решение об отнесении поступающих объектов к тому или иному классу принимается на основе меры сходства с эталонами. Решающая функция строится на основе анализа эталонных объектов и априорной информации об их принадлежности разным классам.
 - *Описание общих свойств* позволяет сформировать правило классификации на основе анализа характеристик входного объекта.
 - *Кластеризация* позволяет различать входные объекты на основе анализа характерных свойств разнесённых в пространстве кластеров.
-

Задача классификации

Обучение без учителя

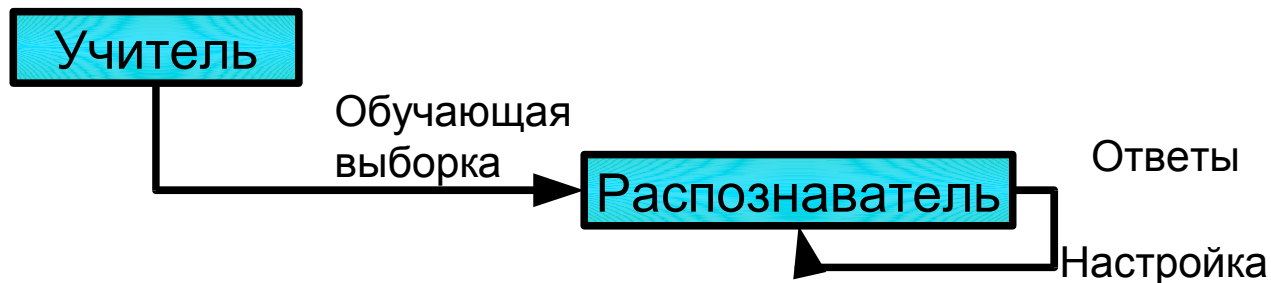
- При обучении системы классификации от неё требуется не запоминание конкретных классов объектов, а получение правил определения отношения объектов к тому или иному классу.
- *Обучением без учителя* называется вид обучения, в котором системе представляется выборка объектов без подсказки правильных ответов.



Задача классификации

Обучение без учителя

- Во время обучения без учителя система строит кластеры объектов обучающей выборки, а на этапе функционирования производит определение близости входных образов к построенным кластерам.
- Целью обучения является настройка параметров системы таким образом, чтобы классы были максимально удалены в пространстве ответов.



Задача классификации

Назначение систем

- кластеризация множества объектов;
 - понижение размерности описаний для упрощения дальнейшего анализа.
-

Литература



- Ту Дж, Гонсалес Р.. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978.
- Журавлёв Ю.И. Распознавание. Классификация. Прогноз. Математические методы и их применение. Вып.2. М.: Наука, 1989.

Классификация методов распознавания

- **По способу описания объектов:**

- **Евклидово пространство** — объекты представляются точками в евклидовом пространстве их вычисленных параметров, представление в виде набора измерений;
 - **списки признаков** — выявление качественных характеристик объекта и построение характеризующего вектора;
 - **структурное описание** — выявление структурных элементов объекта и определение их взаимосвязи.
-

Способы описания объектов

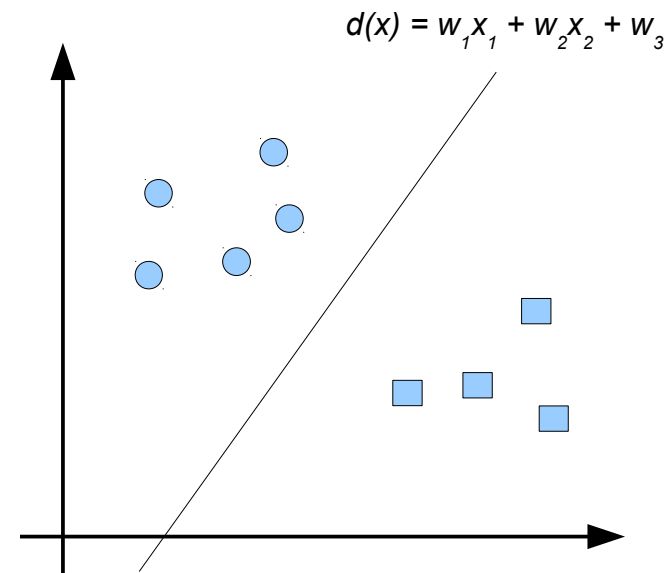
Евклидово пространство

- Над первичным представлением распознаваемого образа производится серия вычислений, определяющих необходимые для классификации характеристики.
- В многомерном Евклидовом пространстве (параметрическом пространстве, или пространстве характеристик), каждое измерение которого соответствует одной из вычисляемых характеристик, строится точка, соответствующая совокупности полученных измерений.
- По совокупностям точек, Евклидово расстояние между которыми мало, выделяют в область пространства, соответствующую данному классу изображений.
- Как правило, методы, работающие с Евклидовым пространством, используют параллельную процедуру подачи входного изображения.
- К данному классу методов можно также отнести методы, использующие в своей основе нейронные сети. Они способны решать как задачи распознавания, так и автоматической классификации, допуская обучение как с учителем, так и без него.

Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

Построение правил классификации заключается в поиске функций, описывающих разделение параметрического пространства на соответствующие классам объектов области. При этом реализуется способ задания классов в виде указания общих свойств принадлежащих им объектов.



Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

Линейная решающая n-мерная функция

$$d(\mathbf{x}) = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n + w_{n+1} = \mathbf{w}_0^T \mathbf{x} + w_{n+1}$$

$$d(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathbf{x}$$

$\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n, w_{n+1})^T$ - весовой (параметрический) вектор

$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n, 1)^T$ - вектор описания образа.

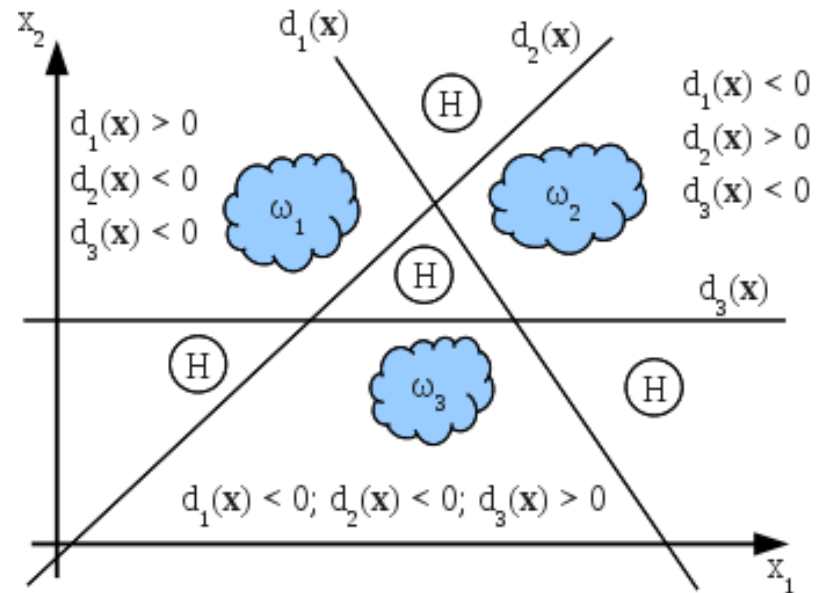
$d(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathbf{x} \begin{cases} > 0, \text{если } x \in \omega_1 \\ < 0, \text{если } x \in \omega_2 \end{cases}$ - решающее правило.

Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

1. Каждый класс отделяется от всех остальных одной разделяющей поверхностью. В этом случае необходимо задание M решающих функций, таких что

$$d_i(\mathbf{x}) = \mathbf{w}_i^T \mathbf{x} \begin{cases} > 0, \text{ если } \mathbf{x} \in \omega_i \\ < 0, \text{ если } \mathbf{x} \notin \omega_i \end{cases}, \quad i = 1, 2, \dots, M$$

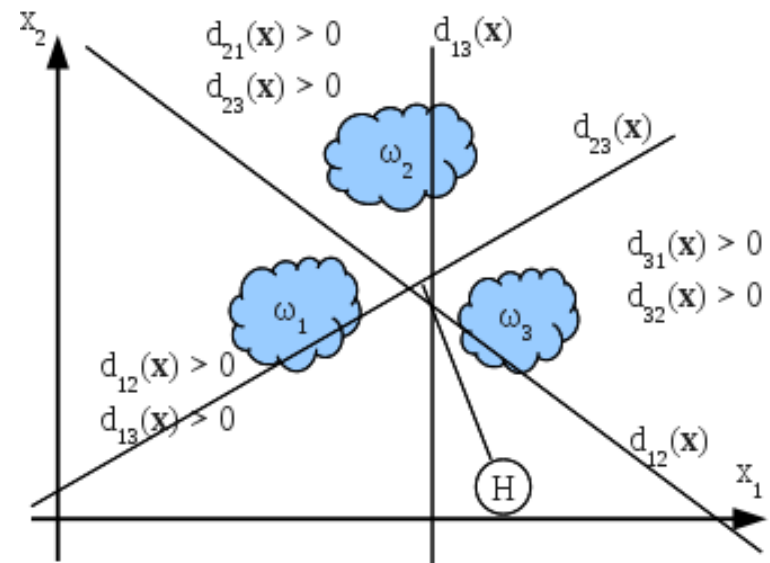


Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

2. Каждый класс отделяется от любого другого взятого в отдельности класса «индивидуальной» поверхностью. Для M классов в таком случае потребуется $M(M-1)/2$ поверхностей (число сочетаний из M по 2). Если образ $\mathbf{x}$ принадлежит классу ω_i , то выполняется

$$d_{ij}(\mathbf{x}) > 0 \quad \text{для всех } j \neq i$$

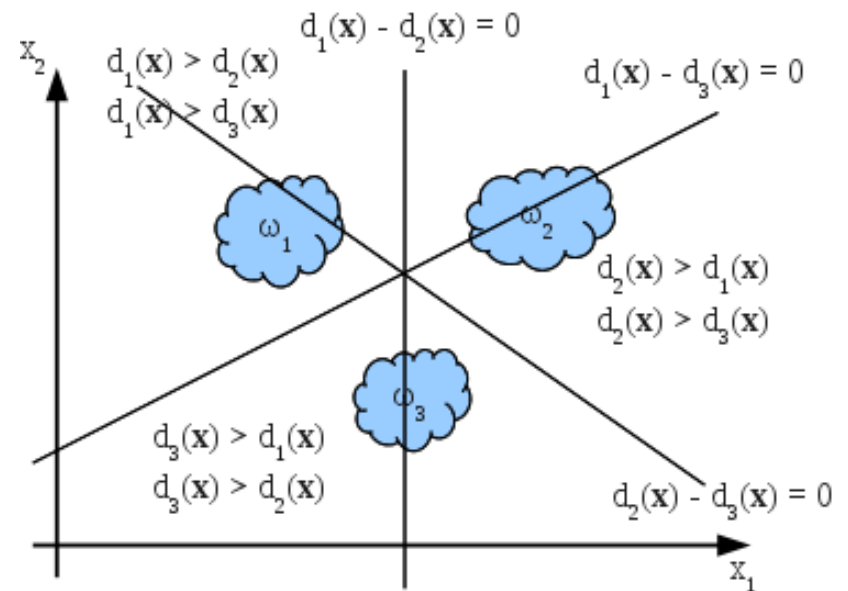


Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

3. Существует M решающих функций, таких, что если объект $\mathbf{x}$ принадлежит классу ω_i , то выполняется

$$d_i(\mathbf{x}) > d_j(\mathbf{x})$$



Способы описания объектов Евклидово пространство

Решающие (дискриминантные) функции

Если какой-либо набор классов разделяется в параметрическом пространстве набором линейных решающих функций одним из описанных способов, то классы из данного набора называются *линейно-разделимыми*.

В более сложных случаях может принципиально потребоваться разделение классов линиями более сложного, чем линейные, вида.

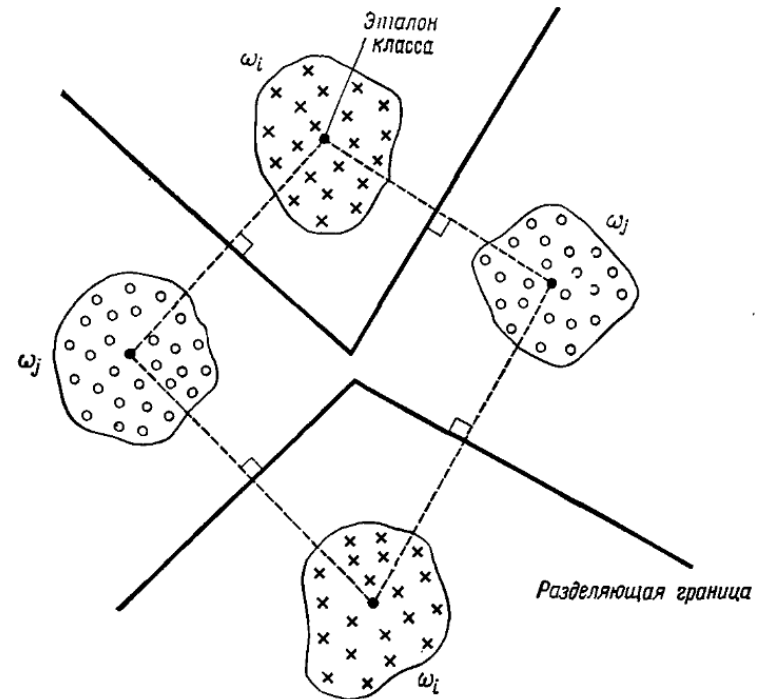
$$d(\mathbf{x}) = w_1 f_1(\mathbf{x}) + w_2 f_2(\mathbf{x}) + \dots + w_K f_K(\mathbf{x}) + w_{K+1} = \sum_{i=1}^{i=K+1} w_i f_i(\mathbf{x})$$

$$d(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathring{\mathbf{x}} \quad \mathring{\mathbf{x}} = \begin{pmatrix} f_1(\mathbf{x}) \\ f_2(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ f_k(\mathbf{x}) \\ 1 \end{pmatrix}$$

Способы описания объектов Евклидово пространство

Функции расстояния

Определение принадлежности объектов различным классам производится на основе анализа расстояний между точками объектов одного класса и между точками объектов различных классов. Классы представляются в виде кластеров в параметрическом пространстве. Построение правил классификации заключается в поиске функций, обеспечивающих оптимальное построение кластеров объектов. Данный подход активно использует методы кластерного анализа.



Способы описания объектов Евклидово пространство

Функции расстояния

Классы объектов могут представляться группами точек, расположенных вблизи одного характерного представителя класса — *центра кластера* или *эталона* класса.

При распознавании применяется критерий минимального расстояния между распознаваемым объектом $\mathbf{x}$ и каждым из эталонов имеющихся классов.

$$D_i = \|\mathbf{x} - \mathbf{z}_i\| = \sqrt{(\mathbf{x} - \mathbf{z}_i)^T (\mathbf{x} - \mathbf{z}_i)} \quad - \text{функция расстояния.}$$

$$D_i < D_j \quad j \neq i \quad - \text{условие отнесения объекта к классу } i.$$

$$D_i^2 = \|\mathbf{x} - \mathbf{z}_i\|^2 = (\mathbf{x} - \mathbf{z}_i)^T (\mathbf{x} - \mathbf{z}_i) = \mathbf{x}^T \mathbf{x} - 2 \mathbf{x}^T \mathbf{z}_i + \mathbf{z}_i^T \mathbf{z}_i = \mathbf{x}^T \mathbf{x} - 2(\mathbf{x}^T \mathbf{z}_i - \frac{1}{2} \mathbf{z}_i^T \mathbf{z}_i)$$

$$d_i(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T \mathbf{z}_i - \frac{1}{2} \mathbf{z}_i^T \mathbf{z}_i, \quad i = 1, 2, \dots, M \qquad d_i(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathbf{x}$$

Способы описания объектов Евклидово пространство

Функции расстояния

Класс ω_i может характеризоваться не единственным эталоном $\mathbf{z}_i$, а некоторой их группой $\mathbf{z}_i^1, \mathbf{z}_i^2, \dots, \mathbf{z}_i^{N_i}$

$$D_i = \min_k \left\| \mathbf{x} - \mathbf{z}_i^k \right\|, \quad k = 1, 2, \dots, N_i$$

Решающие функции имеют вид

$$d_i(x) = \max_k \left\{ (\mathbf{x}^T \mathbf{z}_i^k) - \frac{1}{2} (\mathbf{z}_i^k)^T \mathbf{z}_i^k \right\}, \quad k = 1, 2, \dots, N_i$$

Способы описания объектов Евклидово пространство

Метод кластеризации «K-средних»

1. В исходной выборке произвольно назначаются K исходных кластеров:

$$z_1(1), z_2(1), \dots, z_K(1)$$

2. На k -м шаге заданная выборка образов $\{x_i\}$ распределяется по K имеющимся кластерам по следующему правилу:

$$x \in S_j(k) \Leftrightarrow \|x - z_j(k)\| < \|x - z_i(k)\| \quad \forall i=1, 2, \dots, K, \quad i \neq j$$

где $S_j(k)$ — множество образов, входящих в кластер с центром в точке $z_j(k)$.

Способы описания объектов Евклидово пространство

Метод кластеризации «K-средних»

3. Определяются новые центры кластеров $z_j(k+1)$, $j=1,2,\dots,K$, исходя из минимизации показателя качества

$$J_j = \sum_{x \in S_j(k)} \|x - z_j(k+1)\|^2, \quad j=1,2,\dots,K$$

$$z_j(k+1) = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in S_j(k)} x, \quad j=1,2,\dots,K$$

4. При выполнении условия $z_j(k+1) = z_j(k)$ для всех $j=1,2,\dots,K$ выполнение алгоритма прекращается. В противном случае выполнение переносится к шагу 2.

Способы описания объектов Евклидово пространство

Функции правдоподобия

Используется математическая статистика, Байесовские оценки, теория игр.

Процесс распознавания представляется как игра распознающего устройства с реальным миром, в которой при распознавании каждого символа машина пытается угадать символ, задуманный окружающим миром.

Построение правила классификации сводится к поиску функций выигрышей и потерь игроков.

Принятие решения о классе распознаваемого объекта строится на значении функции правдоподобия предполагаемого решения при заданных значениях параметров объекта.

Данный метод применим при наличии достаточного количества априорной информации о распознаваемом множестве.

Способы описания объектов

Списки признаков

- Методы данной категории опираются на возможность классификации распознаваемых объектов на основе наличия в них некоторых характерных признаков.
 - Первый подход: простые измерения, проводимые над изображением, есть результат действия совокупности небольшого числа порождающих признаков;
 - Второй подход: признаки есть подмножества множеств простых измерений.
 - Методы данного класса являются в большой степени эвристическими. Их эффективность определяется правильностью выбора набора рассматриваемых признаков.
-

Способы описания объектов

Списки признаков

Метод факторного анализа

Пусть распознаваемый образ описывается вектором прямых измерений длины m :

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$$

Пусть, в то же время, он может быть описан не только с помощью прямых измерений, но и с помощью некоторого набора k признаков ($k < m$):

$$\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_k)$$

где f_i отражает «содержание» в описании образа i -го признака (или фактора по терминологии факторного анализа). При этом каждый признак оказывает на каждое измерение в общем случае разное влияние. Тогда можно рассматривать j -е прямое измерение образа в виде взвешенной суммы значений признаков данного образа:

$$x_j = (a_{1j}f_1 + a_{2j}f_2 + \dots + a_{kj}f_k)$$

Способы описания объектов

Списки признаков

Метод факторного анализа

Коэффициенты вкладов (нагрузок) признаков в описание образа образуют матрицу A размером $(k \times m)$. Тогда связь между прямыми измерениями образа и измерениями его признаков можно записать в виде

$$x = f \cdot A$$

Если рассматривать целую выборку объектов, то это выражение может быть записано в матричной форме:

$$X = F \cdot A$$

Задача при построении метода распознавания заключается в определении F и A , обеспечивающих адекватное и удобное для распознавания описание распознаваемых объектов, по имеющимся описаниям образов обучающей выборки X . Для её решения широко используется *метод главных компонент*.

Способы описания объектов

Списки признаков

Метод группирования прямых измерений

Предполагается что при наличии у образа определённого признака некоторый поднабор его измерений будет иметь значение 1 независимо от присутствия или отсутствия у образа других признаков.

Если образ имеет несколько признаков, их влияния на прямые измерения будут комбинироваться по правилу булевого сложения (или сложения по модулю 2).

j -й признак из k рассматриваемых может задаваться как двоичный вектор $\mathbf{f}_j$ длины m , элемент $\mathbf{f}_{js}$ которого имеет значение 1 в том случае, если s -е измерение образа, имеющего данный признак, даёт значение 1. Тогда вектор описания образа может быть записан как

$$\mathbf{x} = \sum_{j=1}^k {}_2 \mathbf{f}_j$$

Матричная запись описания выборки образов будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{X} = \mathbf{B} * \mathbf{F}$$

Способы описания объектов

Списки признаков

- Пример из работ Кадакина. При распознавании рукописных шифров источников картотеки для каждой строки шифра осуществляется определение значений нескольких признаков. В роли этих признаков выступают количество чёрных точек на средней и нижней линии строки с учётом её возможного наклона, а также число верхних и нижних выступающих элементов букв.

Разин.

The image shows the handwritten word 'Разин.' in a cursive script. Below the word, there are seven small white circles with black outlines, positioned along the baseline of the text to mark specific features for recognition.

Разин.

The image shows the handwritten word 'Разин.' in a cursive script. Below the word, there are seven small white circles with black outlines, positioned along the baseline of the text to mark specific features for recognition.

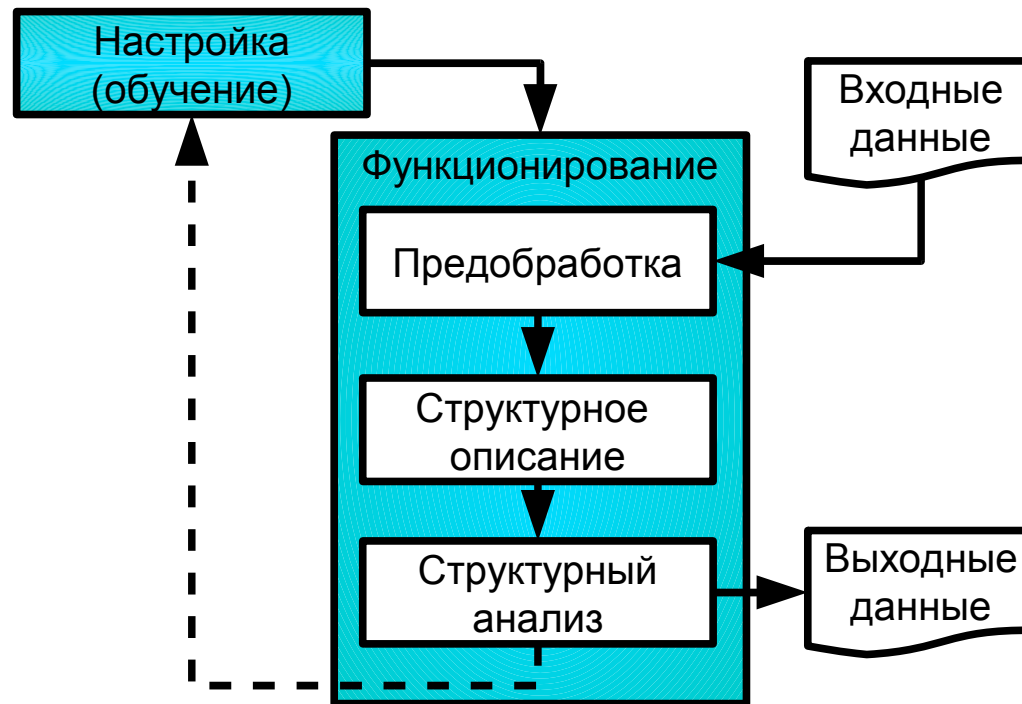
Способы описания объектов

Структурное описание

- Структурное описание основывается на представлении объектов в виде совокупности «непроизводных элементов» и отношений между ними.
 - Под непроизводными элементами понимаются фрагменты распознаваемых образов, которые, с одной стороны, формируют эти образы, с другой — просты в смысле собственной структуры.
 - Как правило системы, использующие структурное описание объектов, реализуют последовательную процедуру распознавания.
 - Процесс распознавания делится на два потока: выделение в образе структурных элементов определенного вида и согласование получаемой структурной информации с имеющимися в системе моделями.
-

Способы описания объектов

Структурное описание



Способы описания объектов

Структурное описание

Требования к непроизводным элементам

- Непроизводные элементы должны служить основными элементами образов и обеспечивать адекватное и сжатое описание исходных данных в терминах заданных структурных отношений (например, отношение конкатенации).
 - Поскольку структурная информация в непроизводных элементах не важна, и они считаются простыми и компактными образами, их выделение и распознавание должны легко осуществляться существующими несинтаксическими методами.
-

Способы описания объектов

Структурное описание

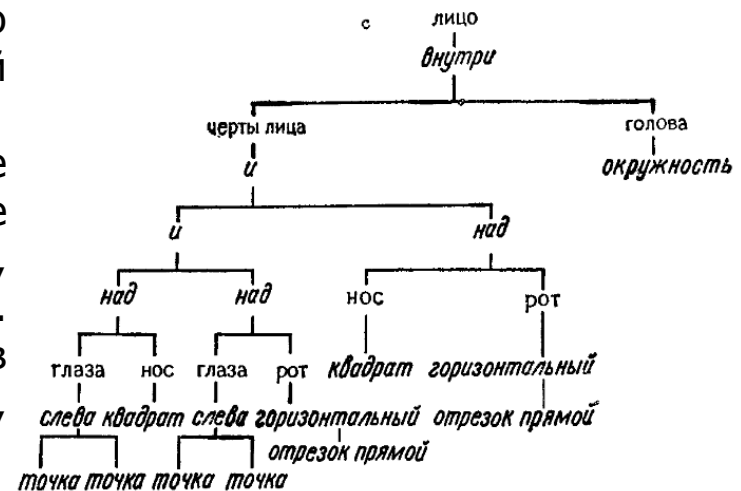
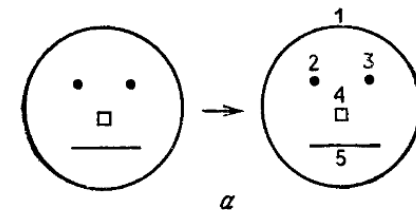
Методы грамматического анализа образов

- Представление образов в виде предложений специального языка.

Построение правила классификации сводится к выводу грамматики, описывающей язык классифицируемых образов.

Распознавание заключается в определении выводимости рассматриваемого предложения с помощью найденной грамматики.

Граматики Эванса используют в качестве терминальных символов простые элементы изображений, такие как круг, прямоугольник, линия. Взаимоотношения элементов описываются операторами ``над'', ``внутри'' и т.д.

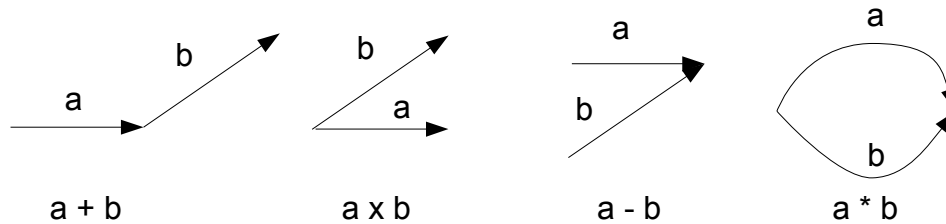


Способы описания объектов

Структурное описание

Пример описания на языке PDL

Операции языка



Пример грамматики

$$V_N = \{S, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$$

$$V_T = \{a, b, c, d\}$$

P :

$$S \rightarrow d + A_1$$

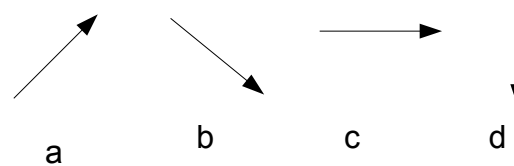
$$A_1 \rightarrow c + A_2$$

$$A_2 \rightarrow \neg d * A_3$$

$$A_3 \rightarrow a + A_4$$

$$A_4 \rightarrow b * A_5$$

$$A_5 \rightarrow c$$



Способы описания объектов

Структурное описание

Пример описания на языке PDL



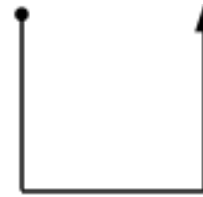
d

a



$c + \neg d$

b

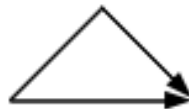


$d + (c + \neg d)$

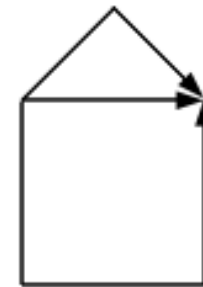
B



$a + b$



$(a + b) * c$

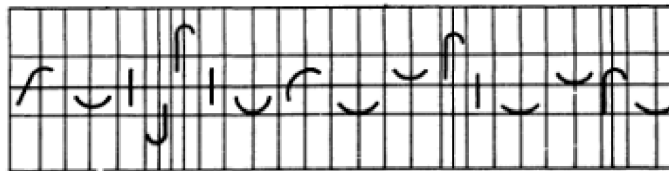
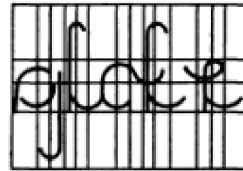


$(d + (c + \neg d)) * ((a + b) + c)$

Способы описания объектов

Структурное описание

- Модель английской скорописи Идена. В результате анализа английских скорописных текстов был выявлен ограниченный набор типов линий, с помощью комбинации которых можно изобразить любую скорописную букву.



- В качестве структурных элементов изображений могут использоваться траектории движения пишущего или рисующего инструмента.
-

Литература



- Хант Э. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1978.
- Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М.: Мир, 1977

Классификация методов распознавания

- По процедуре предъявления обучающих выборок:
 - **фиксированная выборка** – построение правил классификации по единственному обучающему множеству, предъявляемому до начала классификации;
 - **последовательная выборка** – коррекция правила классификации с каждой новой предъявляемой выборкой на основе оценки критерия качества распознавания (самообучение, автоподстройка).
-

Процедура предъявления

Фиксированная выборка

- Правило классификации строится на основе обучающей выборки, представленной системе до начала выполнения ей функции распознавания;
 - Во время работы это правило не меняется;
 - Системы, построенные на этом принципе, используются в основном там, где множество распознаваемых объектов хорошо известно, вариативность объектов предсказуема или хорошо отрабатывается правилами классификации;
 - В целом, такие системы более простые и эффективные.
-

Процедура предъявления

Последовательная выборка

- Первоначальная выборка формирует предварительную версию правил классификации;
 - При последующей работе система подстраивает правила классификации или вырабатывает новые с целью повышения качества распознавания.
 - Системы с последовательной процедурой обучения проявляют б`ольшую гибкость при распознавании объектов с высокой степенью варьировемости.
 - Алгоритм работы таких систем более сложен и требует обоснования с точки зрения свойств процедуры обучения.
-

Процедура предъявления

Свойства процедуры последовательного обучения

- **сходимость** — процесс изменения правил классификации должен приводить через конечное число корректировок к окончательному варианту;
 - **оптимальность** — решающее правило, к которому сходится процесс обучения, должно быть оптимальным в смысле минимизации функции стоимости возможных ошибок;
 - **вычислительная сложность** — финальное правило классификации должно минимизировать число шагов, необходимых для распознавания образа, время их выполнения.
-

Классификация методов распознавания

- **По виду правил классификации:**
 - **параллельные** — проведение ряда тестов над всей совокупностью выявленных данных об объекте и принятие решения на основе их результатов;
 - **последовательные** — проведение последовательности тестов над подмножествами выявленных данных; выбор очередного теста определяется результатами предыдущих тестов.
-

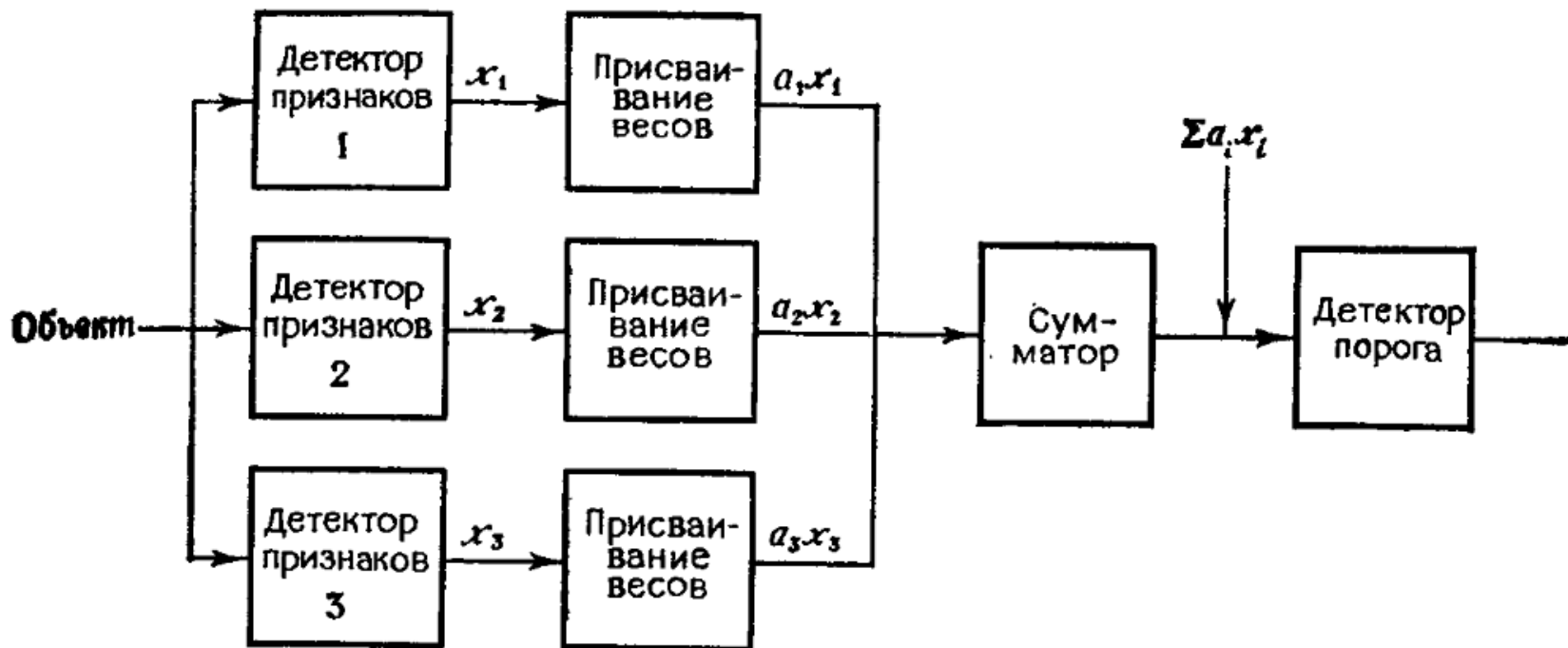
Виды правил классификации

Параллельная классификация

- Для выполнения распознавания система производит ряд тестов над всеми компонентами $x_i, i=1, \dots, N$ описания входного объекта одновременно.
 - Решающая функция представляется функцией не более, чем N переменных $g(x_1, \dots, x_N)$.
 - Система может быть организована в виде множества параллельных функций $F = \{f_j(x_1, \dots, x_N)\}, j=1, \dots, m$, каждая из которых производит оценку принадлежности объекта к соответствующему ей классу. В таком случае решающая функция принимает решение на основе максимального полученного значения - $g = \max(f_j)$
 - Параллельная процедура является достаточно надёжной и требует для распознавания постоянного времени, равного времени выполнения самой продолжительной из процедур распознавания.
 - Не обладает гибкостью, свойственной последовательным процедурам.
-

Виды правил классификации

Параллельная классификация



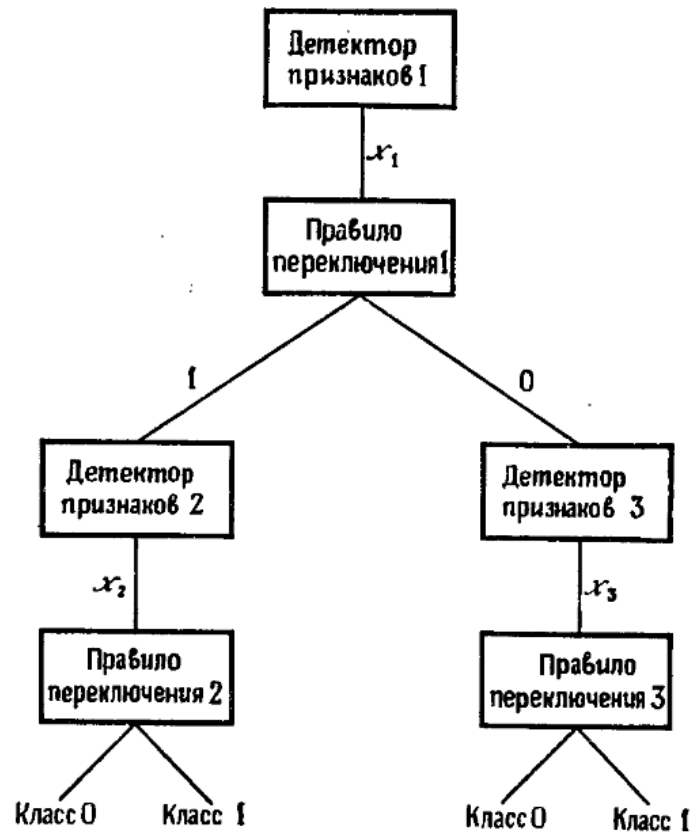
Виды правил классификации

Последовательная классификация

- Последовательный способ классификации предусматривает ряд тестов над признаками распознаваемого объекта, выполняемых последовательно, причём порядок их выполнения может зависеть (и чаще всего зависит) от получаемых результатов.
 - Позволяет реализовать более сложные правила классификации.
 - Позволяет сократить число необходимых для распознавания тестов.
 - Время выполнения в сравнении с параллельной процедурой зависит от выполняющего её вычислительного устройств:
 - Если устройство позволяет производить параллельные вычисления, то последовательная процедура потребует значительно большего времени.
 - Если устройство последовательное, то выполнение последовательной процедуры может осуществляться быстрее, в зависимости от конкретной ситуации.
 - Возможно комбинирование параллельного и последовательного принципов с целью достижения компромисса между простотой параллельных процедур и возможностями последовательных.
-

Виды правил классификации

Последовательная классификация



Список литературы

- Журавлёв Ю.И. Распознавание. Классификация. Прогноз. Математические методы и их применение. Вып.2. М.: Наука, 1989.
 - Мински М. Фреймы для представления знаний. Пер. с англ. 1979.
 - Ту Дж, Гонсалес Р.. Принципы распознавания образов. М.: Мир, 1978.
 - Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. Пер. с англ. Ю.А.Зуев, В.А. Точенов, 1992.
 - Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М.: Мир, 1977
 - Хант Э. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1978.
 - Кадакин М.Ю. Распознавание шифров источников Рукописной древнерусской картотеки XI–XVII вв. // Интеллектуальные технологии и системы: сборник статей аспирантов и студентов / Под ред. Ю.Н.Филипповича — М.:МГУП, 2001. — Вып. 3.
-