

## ТУБ 9

### 9.1 Постановка задачи синтаксического распознавания образов

Все ранее рассмотренные методы распознавания образов основаны на разделении объектов в пространстве признаков. Методы распознавания на базе искусственных языков отличаются от них в принципе. При синтаксическом подходе, что синонимично грамматическому, ищут и используют правила, которым подчиняется структура рассматриваемых образов.

Синтаксический метод распознавания основан на восприятии основных элементов языка – *примитивов*. Они делятся на еще более мелкие составляющие – *символы*, являющиеся наименьшими элементами языка. Множество используемых символов называется *алфавитом* или *словарем*. Язык создается не только с помощью алфавита символов. Правила построения, преобразования и взаимодействия слов определяются *грамматикой*. Она представляет собой множество правил, по которым строятся фразы, а следовательно, и сам язык.

Формально грамматика может быть задана следующей записью:

$$G = \langle V_n, V_t, P, S \rangle,$$

где  $V_n$  – нетерминальный словарь,  $V_t$  – терминальный словарь,  $P$  – множество правил подстановки,  $S$  – начальная аксиома ( $S \in V_n$ ).

Для грамматики характерны следующие соотношения:

$V = V_n \cup V_t$  – словарь,  $V_n \cap V_t = \emptyset$ ,  $P = \{\alpha_1 \rightarrow \beta_1, \alpha_2 \rightarrow \beta_2, \dots, \alpha_m \rightarrow \beta_m\}$ ,

где  $\alpha_i \in V^* - \{\lambda\}$ ,  $\beta_i \in V^*$ ,  $\{\lambda\}$  – пустая строка,  $V^*$  – множество всех возможных последовательностей, которые удастся построить с помощью итерационных процедур на основе данного словаря.

Процесс создания языка начинается с аксиомы  $S$ , к которой применяются одно за другим правила подстановок. Основным вопросом после определения грамматики является разработка процедуры грамматического разбора, устанавливающей, является или нет рассматриваемый объект предложением языка, созданного на основе грамматики. Разборы удобно выполнять с помощью деревьев, поскольку любая иерархически упорядоченная схема ведет к представлению объекта в виде дерева. Наиболее популярны два типа грамматических разборов: сверху вниз и снизу вверх, каждый из которых применяется для выполнения определенной процедуры. Если необходимо установить, принадлежит ли некоторая структура классу объектов, порождаемых заданной грамматикой, выполняется разбор снизу вверх. Если же требуется построить объекты по правилам определенной грамматики, выполняется разбор сверху вниз.

При построении дерева его корень ассоциируется с начальной аксиомой  $S$ . Терминальные предложения (образы) представляют нижнюю часть или

листья дерева. Процедура разбора сверху вниз начинается с корневого символа  $S$  и заключается в попытках посредством повторяющегося применения грамматических правил получить заданное терминальное предложение. И наоборот, процедура разбора снизу вверх начинается с конкретного предложения и заключается в попытках дойти до символа  $S$  с помощью инверсии правил подстановки. В каждом из этих случаев при неудачном исходе грамматического разбора заданный образ отклоняется как представляющий «неправильное» предложение.

Если мы сформулируем гипотетическую задачу разбиения образов на два класса, причем объекты класс  $\omega_1$  – это цепочки определенного вида, а все остальные объекты принадлежат классу  $\omega_2$ . Очевидно, что классификация заданной цепочки производится простым определением того, может ли данная цепочка порождаться грамматикой  $G$ . Процедура, используемая для определения, является или нет цепочка предложением, грамматически правильным для данного языка, называется грамматическим разбором.

По предложенной схеме классификации образ попадает в класс  $\omega_2$  только потому, что он не принадлежит классу  $\omega_1$ . Однако возможно, что объект не принадлежит и классу  $\omega_2$ . Он может представлять собой зашумленную или искаженную цепочку, которую лучше изъять из распознавания. Для этого необходимо задать две грамматики  $G_1$  и  $G_2$ , порождающие языки  $L(G_1)$  и  $L(G_2)$  соответственно. Образ зачисляется в класс, язык которого позволяет считать этот образ грамматически правильным предложением. Если обнаружится, что образ может принадлежать обоим классам, его произвольно зачисляют в любой из этих классов. Если он не является предложением ни  $L(G_1)$ , ни  $L(G_2)$ , образ изымается. В случае  $M$  классов рассматриваются  $M$  грамматик и связанных с ними языков  $L(G_i)$ ,  $i=1,2,\dots,M$ . Распознаваемый объект относится к классу  $\omega_i$  в том и только том случае, если он является предложением языка  $L(G_i)$ . Если объект является предложением более чем одного языка или не принадлежит ни одному из них, он может быть изъят из рассмотрения или произвольно отнесен к одному из классов неопределенных объектов.

Описанные схемы грамматического разбора не всегда считаются эффективными, так как требуют полного перебора при применении грамматических правил. Часто в этом нет необходимости, поскольку существует возможность проверять на соответствие поставленным целям промежуточные результаты и определять тем самым, способна ли данная последовательность правил обеспечивать успешный грам. разбор. Дальнейшее усовершенствование процесса грамматического разбора связано с применением правил *синтаксиса* грамматики. Синтаксис определяется как соединение объектов. *Синтаксическое правило* устанавливает некоторые допустимые отношения между объектами. Например, соединение  $qqq$  никогда не встречается в английском языке. В этой терминологии грамматика является не более чем множеством синтаксических правил, определяющих допустимые или желательные отношения между объектами. Следовательно,

*синтаксически ориентированный* грамматический анализатор включает в процессе грамматического разбора синтаксиса грамматики.

Рассмотрим выполнение вышеизложенных грамматических разборов на примере грамматики, порождающей геометрические фигуры типа квадратов.

Грамматика задается набором  $G = \langle V_n, V_t, P, S \rangle$  при

$V_t = \{a_1, a_2\}$ ,  $V_n = \{S, O_1, O_2\}$ ,  $P: S \rightarrow A(a_1, O_2)$ ,  $O_2 \rightarrow A(O_1, a_1)$ ,  $O_1 \rightarrow L(a_2, a_2)$ ,

где терминальными элементами служат горизонтальный и вертикальный отрезки определенной длины, обозначенные  $a_1$  и  $a_2$ , а высказывания  $A(x, y)$  и  $L(x, y)$  читаются соответственно « $x$  расположен над  $y$ » и « $x$  расположен слева от  $y$ ». Для того чтобы обрабатывать изображения, нужно обобщать грамматические правила так, чтобы они могли применяться к двумерным соединениям. Поэтому правило  $A$  допустимо только в том случае, если часть  $y$  находится непосредственно над  $x$ , а правило  $L$  допустимо только тогда, когда часть  $y$  находится непосредственно справа от  $x$ . Рис.1 поясняет приведенный пример. Структуры, похожие на рис. 1(б), порождаются следующей последовательностью грамматических правил:

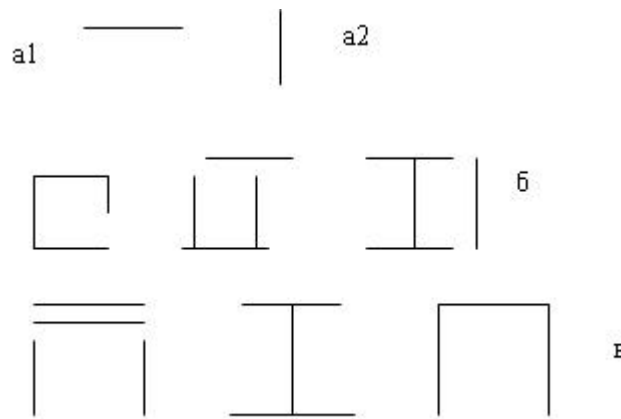


Рис. 1 а) Терминальные объекты, б) образы, поддающиеся разбору с помощью описанной грамматики, в) образы, не поддающиеся разбору

1.  $S \rightarrow A(a_1, O_2)$ . Это правило заменяет начальный символ терминальным элементом  $a_1$ , расположенным над некоторым неопределенным объектом  $a_2$ .

2. Правило  $O_2 \rightarrow A(O_1, a_1)$  заменяет нетерминальный объект  $O_2$  неопределенным объектом  $O_1$ , расположенным над горизонтальным отрезком  $a_1$ .

3.  $O_1 \rightarrow L(a_2, a_2)$ .  $O_1$  заменяется на два вертикальных терминальных элемента.

В приведенной грамматике порождаются только структуры типа квадратов. Этот грамматический разбор представляет собой тривиальную процедуру, так как используется только одна последовательность правил подстановки.

## 9.2 Распознавание образов, представленных графами

Вышеизложенный грамматический разбор представляет собой тривиальную процедуру, так как в ней используется только одна последовательность правил подстановки. Данный недостаток алгоритмов, реализованных на основе деревьев, исправляется с помощью объектов, сводимых к структурам типа графов.

Интересным приложением лингвистических понятий в распознавании образов является язык *PDL* (Picture Description Language) – язык описания изображений. Терминальным элементом *PDL* служит любая  $n$ -мерная структура с двумя выделенными точками: хвостовой и головной.

По правилам языка *PDL* практически любая структура может обобщенно рассматриваться как ориентированный отрезок прямой, так как определение вводит для нее только две точки. Терминальные элементы связываются между собой только в хвостовых и (или) головных точках. Следовательно, структуры языка *PDL* представляют собой ориентированные графы, и для их обработки можно использовать грамматики. На рис. 2 показаны типичные правила соединения терминалов языка *PDL*.

Кроме использования языка *PDL*, грамматику можно расширить путем введения в ее правила подстановки рекурсивности, когда переменная способна замещаться этой же переменной. Однако увеличение порождающей способности грамматики не всегда желательно. Особенно это касается тех исследований, где используется более одной грамматики. В этом случае чрезмерное их многообразие приводит к уменьшению различающей мощности каждой из грамматик.

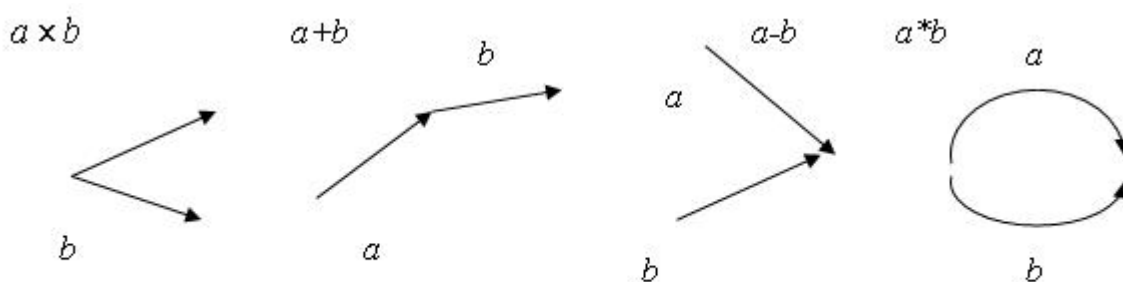


Рис. 2 – Правила соединения терминалов

Рассмотрим практический пример синтаксического распознавания образов, в котором выполняется автоматическая классификация телоцентрических и V-образных хромосом. Классифицирующая грамматика имеет следующий вид:

$$V_t = \{a, b, c, d, e\};$$

$V_n = \{S, T, \text{Основание}, \text{Сторона}, \text{Пара плеч}, \text{Правая часть}, \text{Левая часть}, \text{Плечо}\}.$

На рис. 3 изображены терминальные элементы хромосом  $\{a, b, c, d, e\}$ , на рис. 4 – типичный вид телоцентрической и V-образной хромосом. Оператор « $\bullet$ », используемый при построении правил грамматики, означает связность отдельных частей хромосомы, фиксируемую при продвижении вдоль ее границы по направлению часовой стрелки.

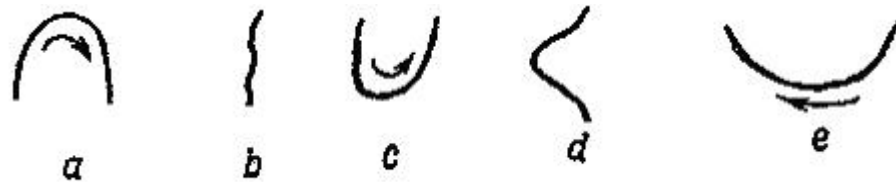


Рис. 3 – Терминальные элементы хромосом

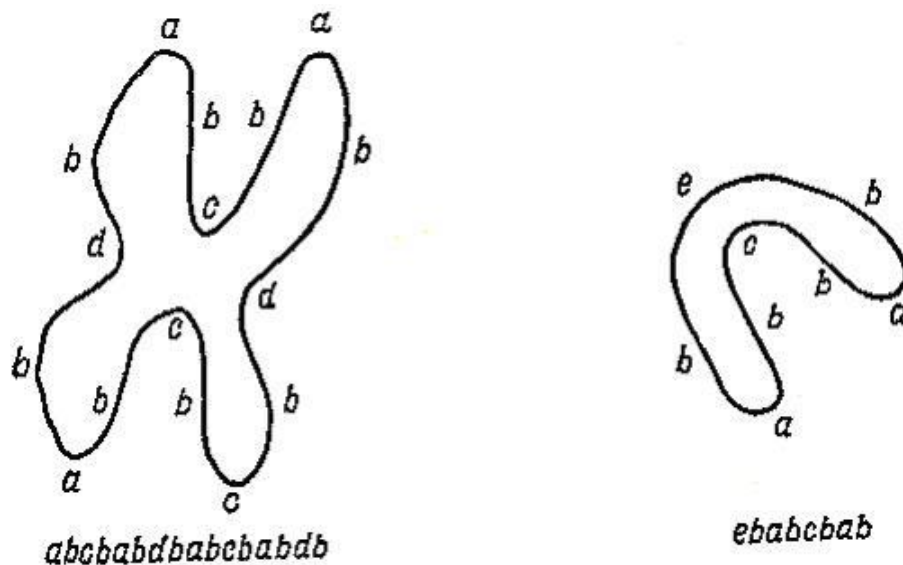


Рис. 4 – Телоцентрическая и V-образная хромосомы

Р:

- $S \rightarrow$  Пара плеч  $\bullet$  Пара плеч,
- $T \rightarrow$  Основание  $\bullet$  Пара плеч,
- Пара плеч  $\rightarrow$  Сторона  $\bullet$  Пара плеч,
- Пара плеч  $\rightarrow$  Пара плеч  $\bullet$  Сторона,
- Пара плеч  $\rightarrow$  Плечо  $\bullet$  Правая часть,
- Пара плеч  $\rightarrow$  Левая часть  $\bullet$  Плечо,
- Левая часть  $\rightarrow$  Плечо  $\bullet$  с,
- Правая часть  $\rightarrow$  с  $\bullet$  Плечо,
- Основание  $\rightarrow$  b  $\bullet$  Основание,
- Основание  $\rightarrow$  Основание  $\bullet$  b,
- Основание  $\rightarrow$  e,
- Сторона  $\rightarrow$  b  $\bullet$  Сторона,
- Сторона  $\rightarrow$  Сторона  $\bullet$  b,
- Сторона  $\rightarrow$  b,
- Сторона  $\rightarrow$  d,
- Плечо  $\rightarrow$  b  $\bullet$  Плечо,

Плечо  $\rightarrow$  а.

[illegible]

Рис. 5 – Восходящий грамматический разбор хромосомы

1-й шаг. Анализатор находит  $a$  и выдает нетерминал *Плечо*. Символ  $a$  находится 4 раза, что приводит к появлению четырех нетерминалов *Плечо* на первом уровне поиска, считая снизу.

### 3-й шаг. Порождение Плеч.

5-й шаг. Комбинация *Плеца* и  $s$  порождает *Правую часть*.

6-й шаг. Правая часть и Плечо порождают Пару плеч.

7-й шаг. Пара Плеч и Сторона порождают два символа Пара Плеч.

8-й шаг. Объединение двух Пара Плеч в  $S$ .

Поскольку за конечное число шагов алгоритм закончился на символе  $S$ , хромосома была правильно классифицирована как телоцентрическая.

Предложенный грамматический разбор привел к искомому результату при первой реализации. Так получается далеко не всегда, поскольку обычно приходится выполнять частые возвраты. Однако их число можно минимизировать введением в процесс поиска эвристических правил, указывающих грамматическому анализатору способ действия в ситуациях, когда возможны несколько вариантов продолжения.