

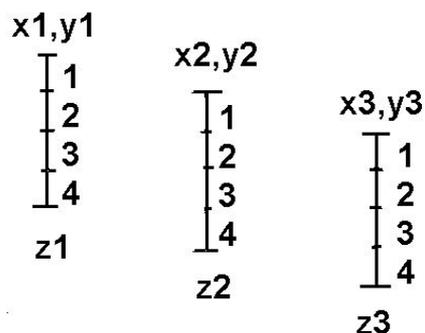
Раздел I

НАЧАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРЕДПОСЫЛКИ

Лекции 4-6

Лекция 4. ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

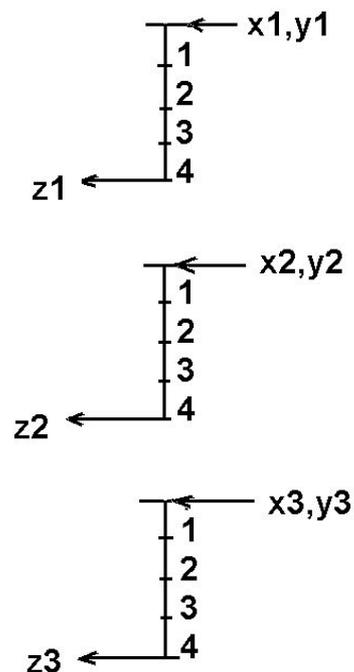
КОНВЕЙЕРНАЯ



1 ТАКТ / РЕЗУЛЬТАТ

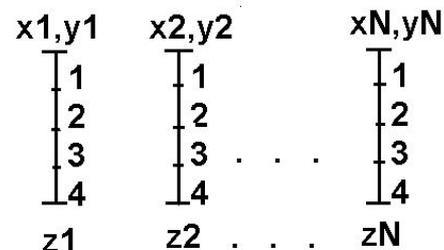
STAR - 100
CRAY - 1
CYBER - 205

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ



4 ТАКТА / РЕЗУЛЬТАТ

МАТРИЧНАЯ



4 ТАКТА / N РЕЗУЛЬТАТОВ

ILLIAC IV
ICL DAP
STARAN

АБСТРАКТНЫЕ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

- **Время выполнения векторной арифметической операции**

$$t = b + cn.$$

Или

$$t = c \left(n + \frac{b}{c} \right) = r_{\infty}^{-1} (n + n_{1/2})$$

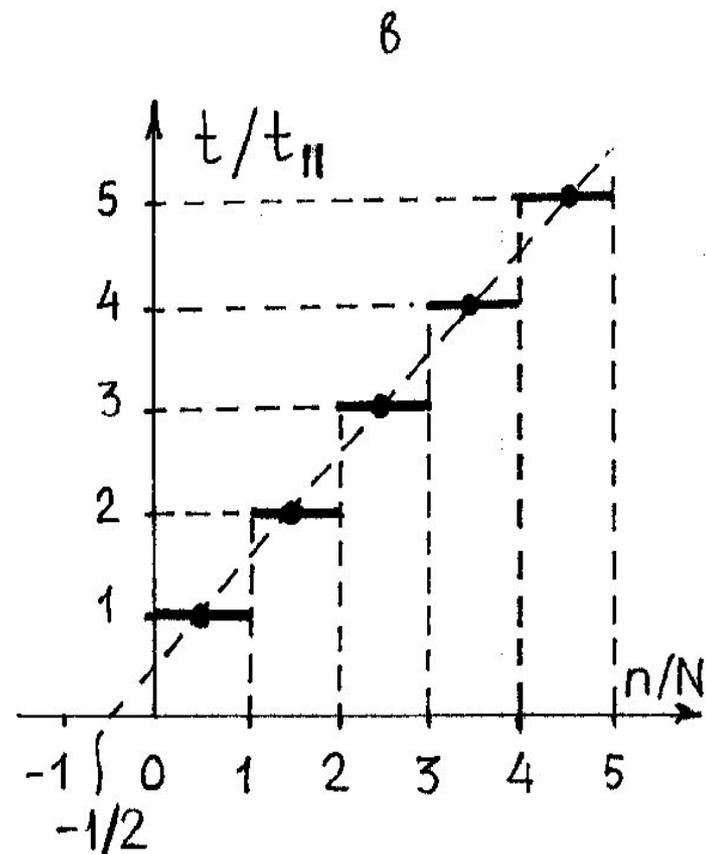
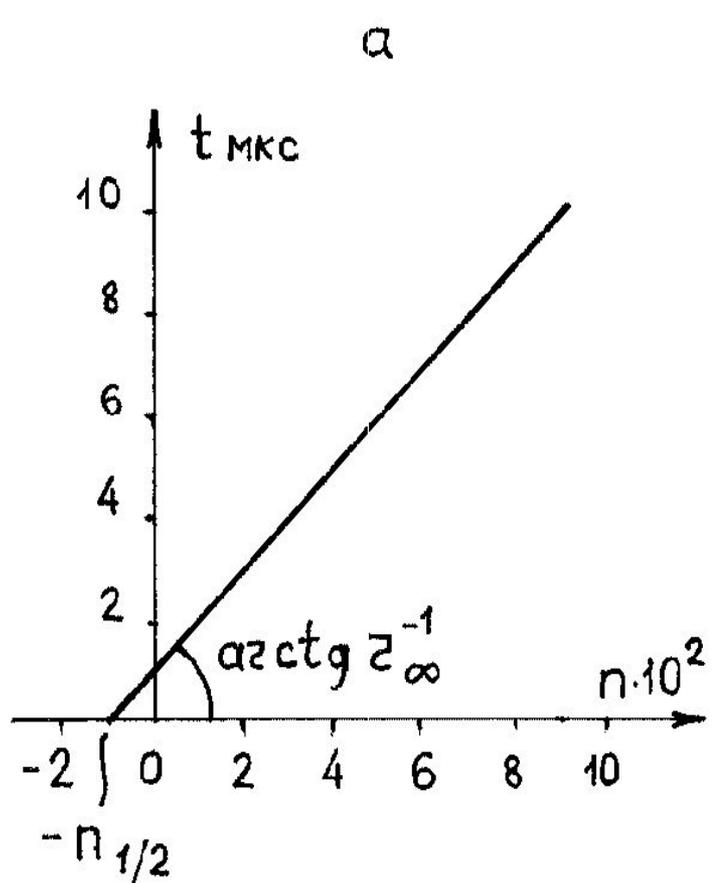
$$r_{\infty} = \frac{1}{c} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{t}$$

– **пиковая**, или асимптотическая **производительность**. Измеряется числом эквивалентных скалярных операций в секунду (**MFLOPS**).

$$n_{1/2} = b/c$$

– **длина полупроизводительности**, т. е. длина вектора, при которой достигается половина пиковой производительности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ



ОЦЕНКИ ВЕКТОРНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

КОМПЬЮТЕР	$n_{1/2}$	r_{∞} MFLOPS
64' CRAY-1	10–20	80
48' BSP	25–150	50
2-конв. CDC CYBER 205	100	100
64' CDC STAR 100	150	25
32' (64x64) ICL DAP	2048	16

СИСТЕМНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ АБСТРАКТНОЙ ОЦЕНКИ:

1. Игнорирование времени на выполнение скалярных операций– организацию циклов, переходов и др.

Ускорение S для N процессоров (закон Амдала)

$$S \leq \frac{1}{f + \frac{1-f}{N}}$$

f – доля трудозатрат на выполнение скалярных операций. Для получения заданного S , требуется разработка специальных параллельных алгоритмов с $f < 1/S$.

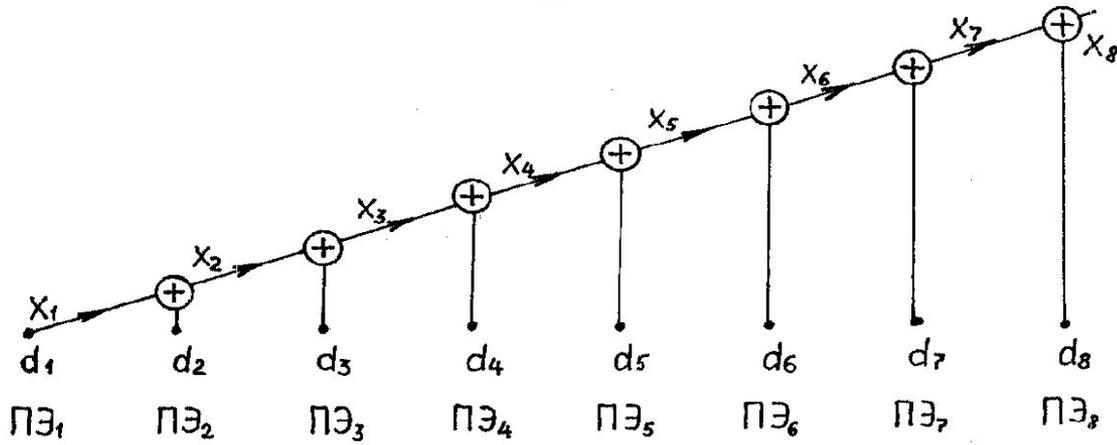
2. Игнорирование потерь на маршрутизацию.

Время маршрутизации (пересылки данных между процессорами) с ростом N может доминировать.

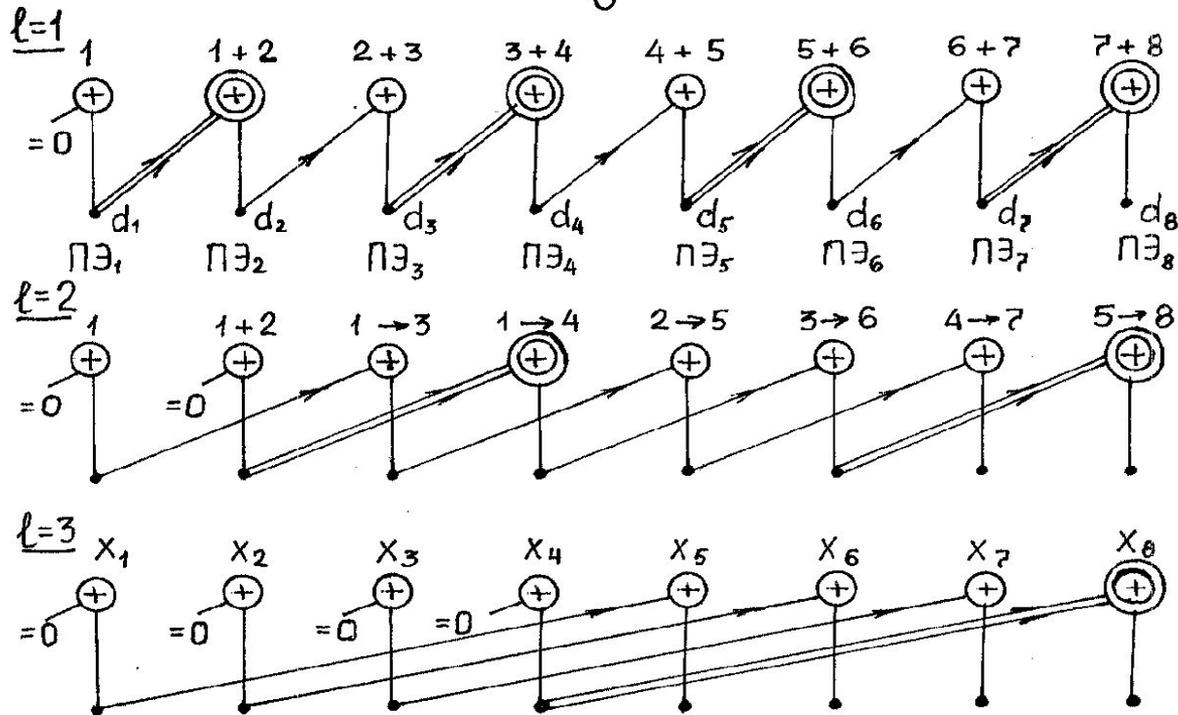
$$x_j = \sum_{k=1}^j d_k, \quad j = \overline{1, n}$$

Пример. Вычисление последовательных сумм можно реализовать как $(n - 1)$ сложений: $x_j = x_{j-1} + d_j, x_0 = 0$.

a



б



На l -уровне выполняется сдвиг на 2^l позиций. Уровень $l = \log_2 n$ дает искомую сумму в крайнем правом аккумуляторе. Так что число операций суммирования составляет теперь уже

$$\log_2 n < n - 1.$$

В случае связи “к ближайшему соседу” на уровне l потребуется 2^{l-1} единичных операций маршрутизации, что дает в целом

$$1 + 2 + \dots + n/2 = n - 1$$

таких операций со степенью параллелизма ‘ n ’.

Пусть r – отношение времени выполнения одной операции суммирования ко времени единичной операции маршрутизации. Тогда отношение суммарных времен равно

$$r \log_2 n / (n-1),$$

т.е. с ростом ‘ n ’ влияние маршрутизации растет.

При переходе от рекурсии к каскадному суммированию число эквивалентных скалярных арифметических операций растет с $(n - 1)$ до $n \log_2 n$.

Поэтому **эмуляция параллельного алгоритма на последовательной ЭВМ будет всегда малоэффективной.**

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

- Параллельный процессор – **внешний акселератор Host ЭВМ.**
- **Длительности тактов** обеих компонент комплекса **одинаковы.**

Для каждого элемента множества **W** представительных программ находятся модельные оценки производительности **главной ЭВМ и комплекса в целом.** *Усредненный коэффициент ускорения S на множестве W дает искомую оценку.*

Условие равенства длительности тактов делает такую оценку технологически независимой. Поэтому она может быть использована **для сравнения различных систем одного предметного направления.**

$D > 1$ – коэффициент роста аппаратных затрат комплекса в сравнении с Host ЭВМ. Его **эффективность**

$$H = S / D.$$

Чем она выше, тем перспективнее система для данной предметной области.

ТЕСТОВЫЕ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Эти оценки наиболее объективны. Разработкой и стандартизацией тестов оценки производительности современных компьютеров занимается ряд корпораций и комитетов (советов): **SPEC, LINPAC, AIM, TPC** и др.

Специальные тесты для определения производительности:

- только **процессора** (пример **LINPACK**),
- только **файловой системы** (пример **Bonnie**),
- только **коммутационной сети** (пример **MPI-тестов**),
- **комбинированные** тесты (пример **AIM**).

По результатам **LINPAC**-тестирования ведется список **TOP-500**, в котором ежегодно ранжируются **500** наиболее производительных в мире систем.

Тесты **TPC A, B, C, D, E** (**TPC – Transaction Processing Performance Council** – Совет по производительности обработки транзакций, основан в 1988г.) разработаны специально для оценки производительности **СУБД**.

Лекции 5-6. ПРЕДМЕТНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПАРАЛЛЕЛИЗМА

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Обработка сигналов – преобразование формы или частотного спектра электрических, речевых и видео сигналов.

Электрические и речевые сигналы – некоторые временные функции $f(t)$. Время t и значения $f(t)$ непрерывны – аналоговые величины.

Сигналы изображения – функции $f(X,Y)$ или $f(X,Y,Z)$ изменения цветности, яркости и др. в 2- или 3-мерной системе координат.

Цифровая обработка сигналов (ЦОС) широко применяется при передаче речевых сигналов и сигналов изображений, при распознавании и синтезе речи, используется в медицине, метеорологии, сейсмологии и др.

Исходные аналоговые сигналы путем **дискретизации** во времени и **квантования** по амплитуде преобразуются в последовательность цифровых данных. Далее она подвергается обработке, основанной на

- **дискретном преобразовании Фурье (ДПФ),**
- **быстром преобразовании Фурье (БПФ),**
- **преобразовании Адамара и др.,**
- **преобразованиях частотного спектра (цифровая фильтрация).**

Дискретизация во времени – представление $f(t)$ как последовательности значений $f(nT)$ в моменты времени, кратные некоторому интервалу T . Если частотный спектр $f(t)$ ограничен значением F , то $T = 1/(2F)$ – теорема Котельникова.

Дискретизация в пространстве – вопрос более сложный.

Квантование – двоичное представление (разрядностью n бит) выборочных аналоговых значений одним из 2^n уровней с максимальной ошибкой квантования $1/2^n$.

При обработке *эл. сигналов* $n = 12 \dots 18$,
речи – $n = 8 \dots 14$,
изображений – $n = 4 \dots 9$.

ДИСКРЕТНОЕ И БЫСТРОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

- **ДПФ** комплекс. последовательности $x_n, n=1 \dots N$
Число операций – N^2 парных операций умножение-сложение комплексных чисел
- **БПФ**. Понятие *расщепления*
Достижимое ускорение – $S = 2$ ($N^2/2$ умножений-сложений)
- **Алгоритм Кули-Тьюки** – многократное применение алгоритма расщепления:
Фазы *упорядочения* (последовательные разбиения) и *перемешивания*
Фаза *перемешивания*: число этапов – $m = \log_2 N$
число операций – $(N/2) \log_2 N$ компл. умножений,
 $+ N \log_2 N$ компл. сложений

Дискретным преобразованием Фурье комплексной последовательности x_n , $n \in \overline{1, N}$, называется преобразование

$$X_k = \sum_{n=1}^N x_n \exp(-ikn \frac{2\pi}{N}). \quad (1)$$

Ему обратным является преобразование

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k \exp(ikn \frac{2\pi}{N}).$$

Величины X_k и x_n – это элементы упорядоченных множеств $\{X_k\}$ и $\{x_n\}$ одинаковой мощности N .

В основе всех алгоритмов БПФ лежит понятие *расщепления*. Пусть N четно. Разбиваем последовательность x_n на две $N/2$ -точечные последовательности y_n и z_n :

$$y_n = x_{2n}, \quad z_n = x_{2n-1}, \quad n = 1, 2, \dots, N/2. \quad (2)$$

Заменяя в определении изображения N на $N/2$ и $\exp(i2\pi/N)$ на w , получаем:

$$Y_k = \sum_{n=1}^{N/2} y_n w^{-2kn}, \quad Z_k = \sum_{n=1}^{N/2} z_n w^{-2kn}, \quad k = 1, 2, \dots, N/2. \quad (3)$$

С учетом (3), окончательно

$$X_k = Y_k + w^k Z_k, \quad k = 1, 2, \dots, N/2. \quad (4)$$

$$X_{k+N/2} = Y_k - w^k Z_k. \quad (5)$$

Таким образом, *алгоритм расщепления* состоит в следующем.

1. Согласно (2), определяем последовательности Y_n и Z_n .
2. По формулам (3) вычисляем преобразования Y_k и Z_k этих последовательностей.
3. По формулам (4) и (5) вычисляем преобразования X_k исходной последовательности X_n .

Аналогичная процедура применима и к преобразованиям Y_k и Z_k . Если N кратно 4, то каждое из них может быть представлено двумя $N/4$ -точечными преобразованиями. Если же $N = 2^m$ для некоторого целого m (что обычно имеет место), то процедура может быть повторена m раз, пока не будет получено N преобразований длины 1.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ АЛГОРИТМА КУЛИ-ТЬЮКИ

Этапы преобразования	1	2	3	4	5	6	7
	–	–	–	0,07	–	–	–
Элементы преобразуемой	–	–	0,07	–	0,25	–	–
последовательности	–	–	0,32	0,32	0,39	–	–
	–	0,07	–	–	–	$-0,62+0,25i$	–
	0,07	0,91	–	0,91	–	$0,81+0,00i$	$-0,05-0,10i$
	0,40	0,32	0,91	–	$-0,62$	$-0,62-0,25i$	$-0,03+0,81i$
	0,91	0,29	0,29	0,29	1,20	$1,59+0,00i$	$1,19-0,42i$
	0,18	–	–	–	–	–	$0,30+0,00i$
	0,32	–	–	–	–	–	$1,19+0,42i$
	0,56	0,40	0,40	0,40	0,18	$0,57+0,16i$	$-0,03-0,81i$
	0,29	0,18	0,56	–	0,96	$-0,03+0,00i$	$-0,05-0,10i$
	0,75	0,56	–	0,56	–	$0,57-0,16i$	$3,48+0,00i$
	–	0,75	–	–	–	$1,89+0,00i$	–
	–	–	0,18	0,18	0,57	–	–
	–	–	0,75	–	0,93	–	–
	–	–	–	0,75	–	–	–

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПФ

- **Спектральный анализ** – используется при исследовании биотоков мозга, кардиограмм, сейсмических колебаний и т.д.
- **Цифровая фильтрация изображений** – затрагивает все составляющие спектра. Подавляя “ВЧ составляющие”, можно реализовать операцию “сглаживания” мелких деталей изображения.
- **Вычисление свертки** двух сигналов – прямые вычисления требуют N^2 парных операций умножение-сложение. **Ускорение процесса**: сначала выполнить прямое преобразование, а затем – обратное.
- **Вычисление функции корреляции двух сигналов**

Рассмотрим выполнение операций *свертки* двух сигналов и вычисления их *корреляционной функции*.

Свертка двух рядов дискретных значений $f_1(n)$ и $f_2(n)$ определяется как

$$f_c(n) = \sum_{m=1}^N f_1(m) f_2(n - m), n = 1, 2, \dots, N.$$

Непосредственные вычисления требуют N^2 парных операций умножение-сложение. Ускорить процесс в данном случае можно, если сначала выполнить прямое преобразование

$$F_c(k) = F_1(k) F_2(k),$$

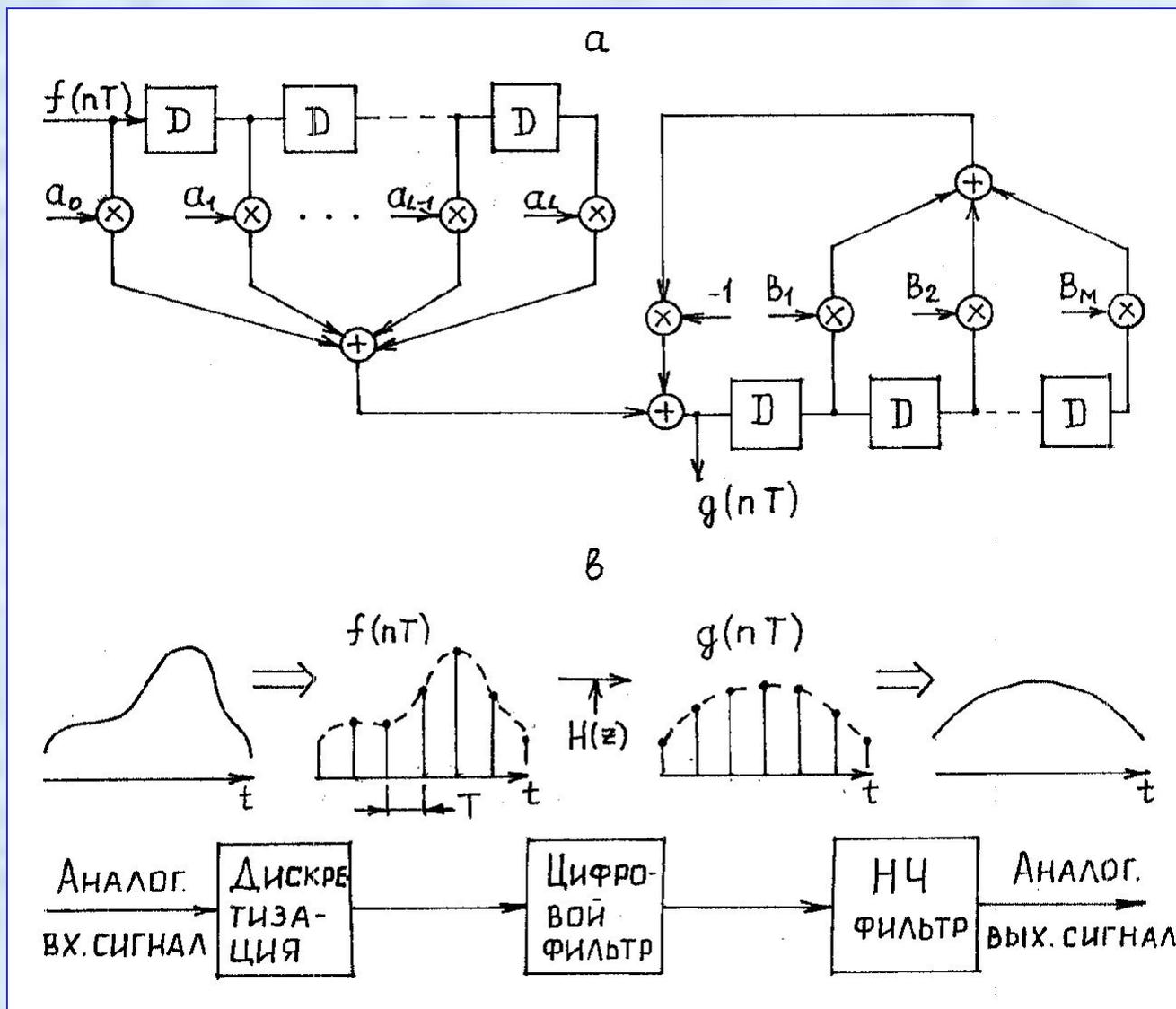
а затем – обратное.

Функция корреляции

$$f_{\text{кор}}(n) = \sum_{m=1}^N f_1(m) f_2(n + m)$$

(при $f_1 = f_2$ функция называется *автокорреляционной*). Ее преобразование $F_{\text{кор}}(k) = \bar{F}_1(k) F_2(k)$, где $\bar{F}_1(k)$ комплексно сопряжено с $F_1(k)$. Вычисление $f_{\text{кор}}(n)$ выполняется аналогично $f_c(n)$.

ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ И УСТРОЙСТВА ЦОС



В этой схеме входная последовательность $f(nT)$, $n=0,1,2,\dots$, с помощью цепей D временной задержки на период T и схем умножения преобразуется в последовательность $g(nT)$

$$g(nT) = \sum_{k=0}^L a_k f[(n-1)T] - \sum_{m=1}^M b_m g[(n-m)T],$$

где a_k и b_m – вещественные постоянные, L и M – число ступеней задержки (порядок фильтра).

Синтез таких фильтров выполняется с использованием Z -преобразования

$$Z\{f(nT)\} = F(z) = \sum_{n=0}^{\infty} f(nT) z^{-n},$$

где z – комплексное переменное. На основании формулы для $g(nT)$ имеем

$$G(z) = H(z)F(z), \quad H(z) = \frac{\sum_{k=0}^L a_k z^{-k}}{1 + \sum_{m=1}^M b_m z^{-m}}.$$

Функция $H(z)$ называется **передаточной функцией** цифрового фильтра. В определении этой функции и состоит основная задача его синтеза.

Теория цифровых фильтров в настоящее время интенсивно развивается. Процесс фильтрации иллюстрирует рис. 6. **Полоса пропускания** оконечного **НЧ фильтра** выбирается равной $1/(2T)$. Для фильтров высоких порядков при работе в реальном масштабе времени вычисления по формуле $g(nT)$, как и процедуру БПФ, целесообразно выполнять на параллельных системах.

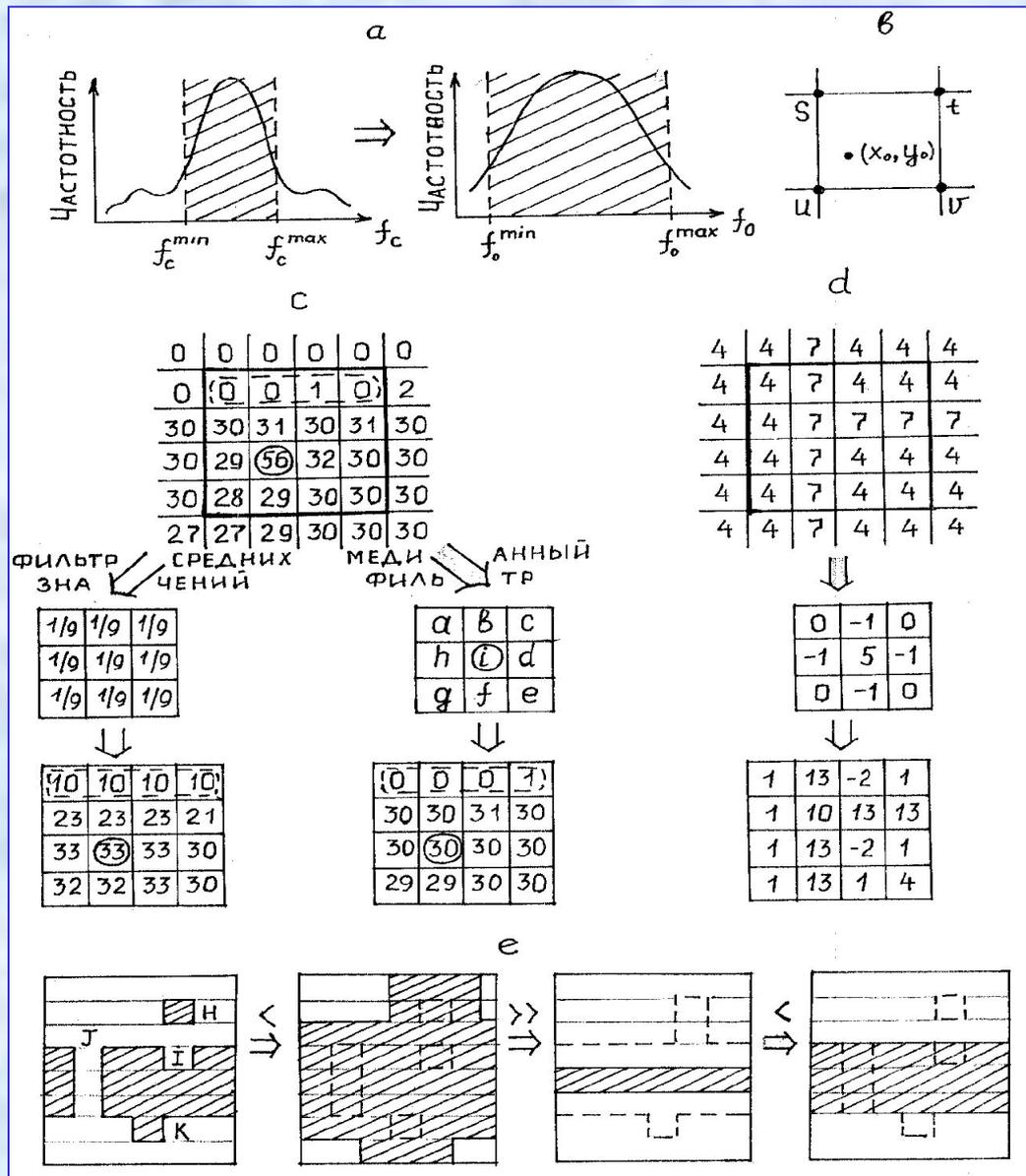
ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

- **Обработка изображений** – это выполнение различных операций над **многомерными сигналами**: телевизионные изображения, чертежи и рисунки, фотографии разведывательного характера, медицинские рентгенограммы, электронно-микроскопические фотографии молекул, радио- и звуколокационные карты, диаграммы сейсмических данных и др.
- **Основные виды обработки** – улучшение изображений, их эффективное кодирование, распознавание образов, машинная графика.
- **Области применения** – медицина, дистанционное зондирование, идентификация личности, промышленные измерения, информационная служба и т.д.
- **Данные изображения – пиксели** – элементы двумерного массива из m столбцов и n строк – **бинарные** (2 градации), **многоградационные** (например, 256 градаций) или **многоградационно-векторные** (256 градаций по каждой из составляющих – **красной**, **зеленой** и **синей**). Соответственно изображение – **бинарное**, **полутонное** или **спектральное**.
- m, n – до 10^7 и более).
- **Одинаковые операции выполняются параллельно** по всему изображению, что адекватно использованию **процессорных матриц**. Применяют и специальные графические приставки к ПК.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- **Улучшение (реставрация) изображений** – *компенсация искажений*, вносимых при их формировании системами отображения.
- **Кодирование изображений** – *сокращение числа битов представления изображений*, при условии достоверности их воспроизведения. Сначала – преобразование изображения. Затем – кодирование результата преобразования.
- **Распознавание образов** – это и распознавание знаков, и средство медицинской диагностики, и составление карт земных ресурсов на основе фотографий, полученных со спутников (*дистанционное зондирование*), и др.
- **Машинная графика** – *ввод графической информации (чертежей и рисунков) в ЭВМ, ее обработка и вывод*. Основная задача такой обработки – *синтез и представление изображения*. Области применения: компьютерная мультипликация, машинное проектирование логических схем, выполнение дизайнерских проектов и др.

УЛУЧШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ



Улучшение контрастности изображения дает градационное преобразование

$$f_0 = A f_c + B,$$

где f_c и f_0 – значения видеоданных до и после преобразования (рис. а). Коэффициенты **A** и **B** определяют из условий перехода

$$f_c^{\max} \rightarrow f_0^{\max}, \quad f_c^{\min} \rightarrow f_0^{\min}.$$

Коррекция геометрических искажений (повороты или параллельные перемещения элементов) достигается преобразованием координат

$$\begin{vmatrix} x_0 \\ y_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_c \\ y_c \end{vmatrix}$$

Значения параметров **a**, **b**, **c**, **d** определяются по степени искажений некоторых хорошо известных элементов. Процедура такова:

$$(x_c, y_c) \rightarrow (x_0, y_0); \quad f_0(x_0, y_0) := f_c(x_c, y_c).$$

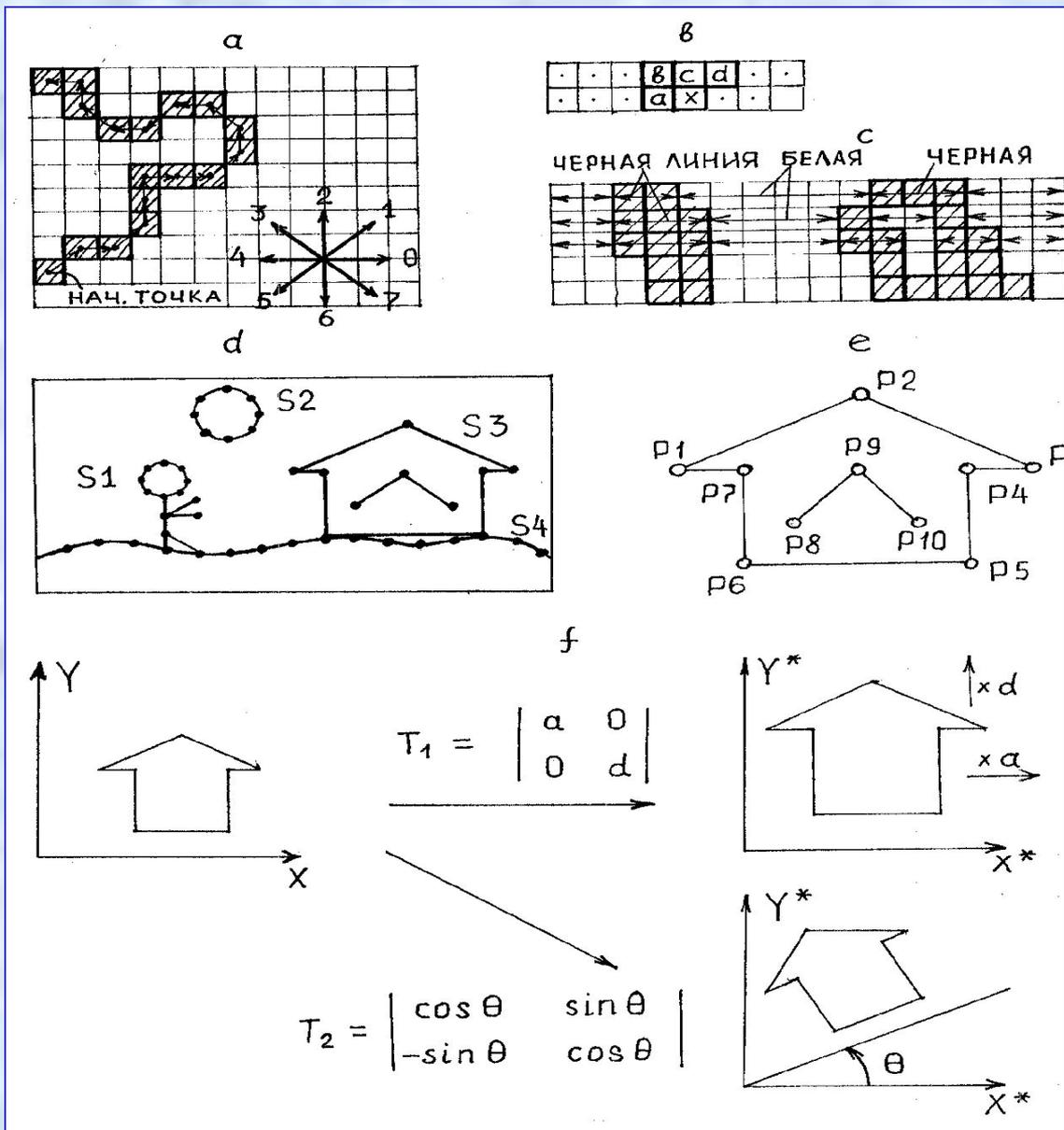
Дробные координаты (x_0, y_0) округляют до ближайшей овокупности (рис. b), принимая

$$f_0(u) := f_0(x_0, y_0).$$

Типичные шумы изображения – **зернистый шум** и **пятна** на **полутонном изображении**, **отдельные шумы** и **обрывы линий** на **бинарном изображении**. Обычно эти шумы могут быть устранены проведением для **каждого элемента изображения** локальной фильтрации на окружающем его участке 3×3 элементов, центром которого он является (рис. c, d, e).

Для эффективной обработки изображений целесообразно применение процессорных матриц со связью между 8 соседями.

КОДИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ОБРАБОТКА ГРАФИКИ



ОБРАБОТКА СИМВОЛОВ

- **Обработка символов** – связана с редактированием текстов, переводом с одного языка на другой, доказательством теорем, преобразованием математических формул, медицинской диагностикой и т.д. В целом – с созданием **искусственного интеллекта**.

ОБРАБОТКА ЦЕПОЧЕК СИМВОЛОВ

- конкатенация (объединение нескольких цепочек),
– сопоставление (сравнение двух цепочек),
– замещение (замена одной цепочки на другую),
– выборка (выборка части цепочки).
- **Конкатенация:** $Z = XY$ либо $Z = X \cdot Y$
- **Сопоставление:** (СРАВНИВАЕМАЯ ЦЕПОЧКА) (ОБРАЗЦОВАЯ ЦЕПОЧКА) В наилучшем случае – $n(m-n)$ сравнений, m и n ($< m$) – длины сравниваемой и образцовой цепочек.

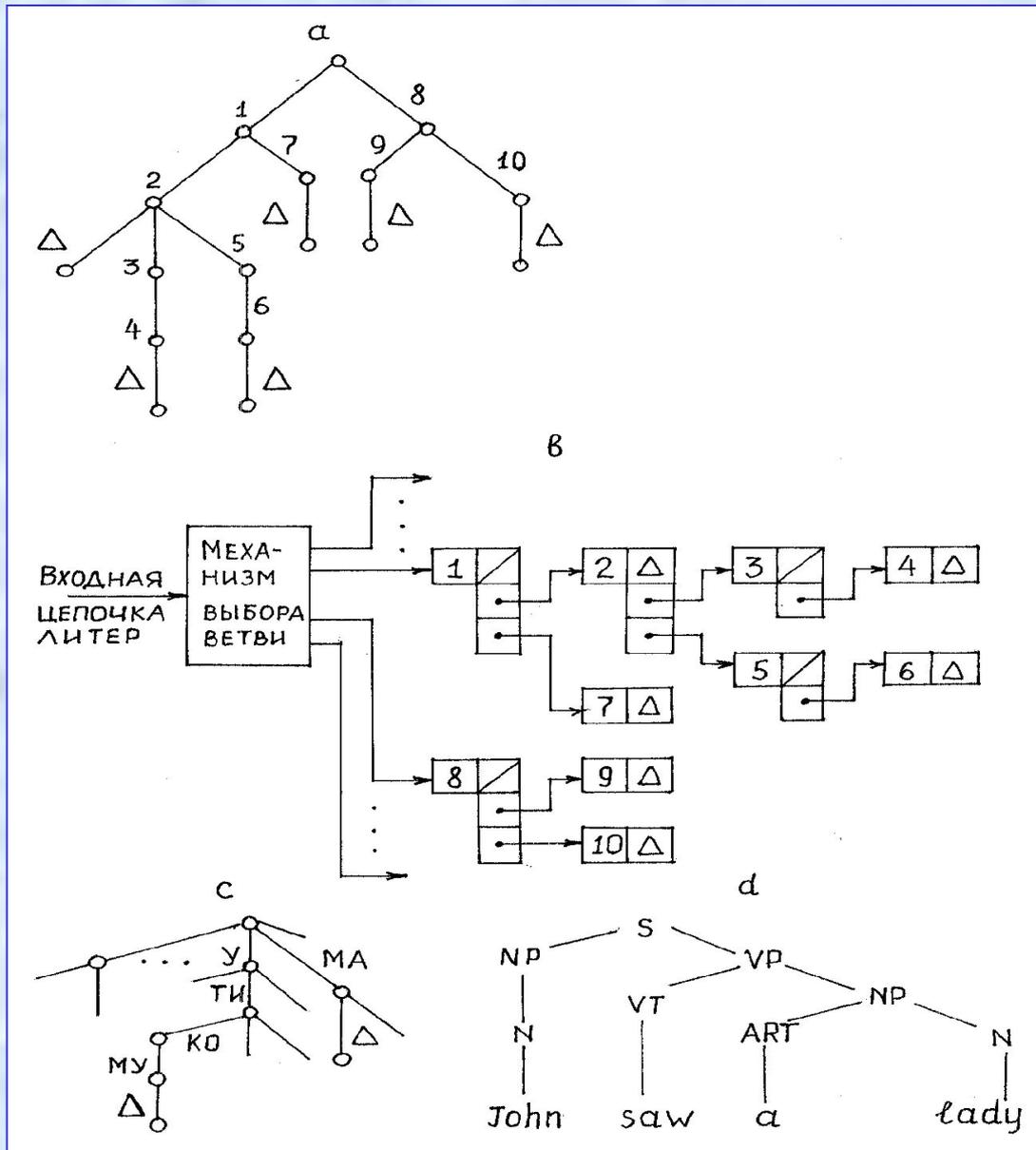
Алгоритм КМП – развит **Кнудом, Моррисом и Праттом**.

- **Замещение:** $ZY = \text{'mosq'}$; $Z = \text{'knpt'}$ \cdot 'alsvi' , $Y = \text{'alsvi'}$.
 $Z = \text{'knpt'}$ \cdot 'mosq'
- **Операцию сравнения последовательностей литер целесообразно распараллелить.**

ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ

- **ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЯЗЫК** – используемый в повседневной жизни.
- **ВИДЫ ОБРАБОТКИ ЕЯ :**
 - обработка слов (поиск в словаре, обработка морфем);
 - обработка предложений (синтаксическая, семантическая);
 - обработка текстов (обработка контекста).
- **ТЕРМИНОЛОГИЯ:**
 - Слово** – последовательность букв.
 - Словарь** – все слова данного текста должны находиться в словаре для этого текста.
 - Предложение** – ряд нескольких слов.
 - Морфема** – наименьшая языковая единица: слово, префикс, суффикс.
- **ПОИСК В СЛОВАРЕ, ОРГАНИЗОВАННОМ КАК TRIE-ДЕРЕВО**
 - Пример:** {1 2, 1 2 3 4, 1 2 5 6, 1 7, 8 9, 8 10}
 - Механизм выбора последовательности узлов при поиске.**
 - Обработка морфем.**

ОБРАБОТКА СЛОВ И СИНТАКСИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА



СИНТАКСИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, или ГРАММАТИЧЕСКИЙ РАЗБОР

- **СТРУКТУРА ПРЕДЛОЖЕНИЯ** определяет связи между объектами:
- **S** – предложение,
- **N** – существительное,
- **VT** – глагол,
- **ART** – артикль,
- **PREP** – предлог,
- **NP** – существительное или существительное с артиклем,
- **VP** – глагол и существительное (без или с артиклем) или существительное с артиклем и с предлогом,
- **PP** – существительное (без или с артиклем) с предлогом.
- **ПРАВИЛА CFG** (context-free grammar – контекстно-свободная грамматика) для структуры предложения в английском языке:
- **S NP VP;**
- **NP ART N** либо **NP N;**
- **VP VT NP** либо **VP VT PP;**
- **PP PREP NP.**
- Согласно этим правилам, для предложения **'John saw a lady'** получаем дерево грамматического разбора рис.d.