

Институт проблем управления РАН

**Выхованец Валерий Святославович**

**Синтез эффективных математических моделей  
дискретной обработки данных на основе  
алгебраической и понятийной декомпозиции  
предметной области**

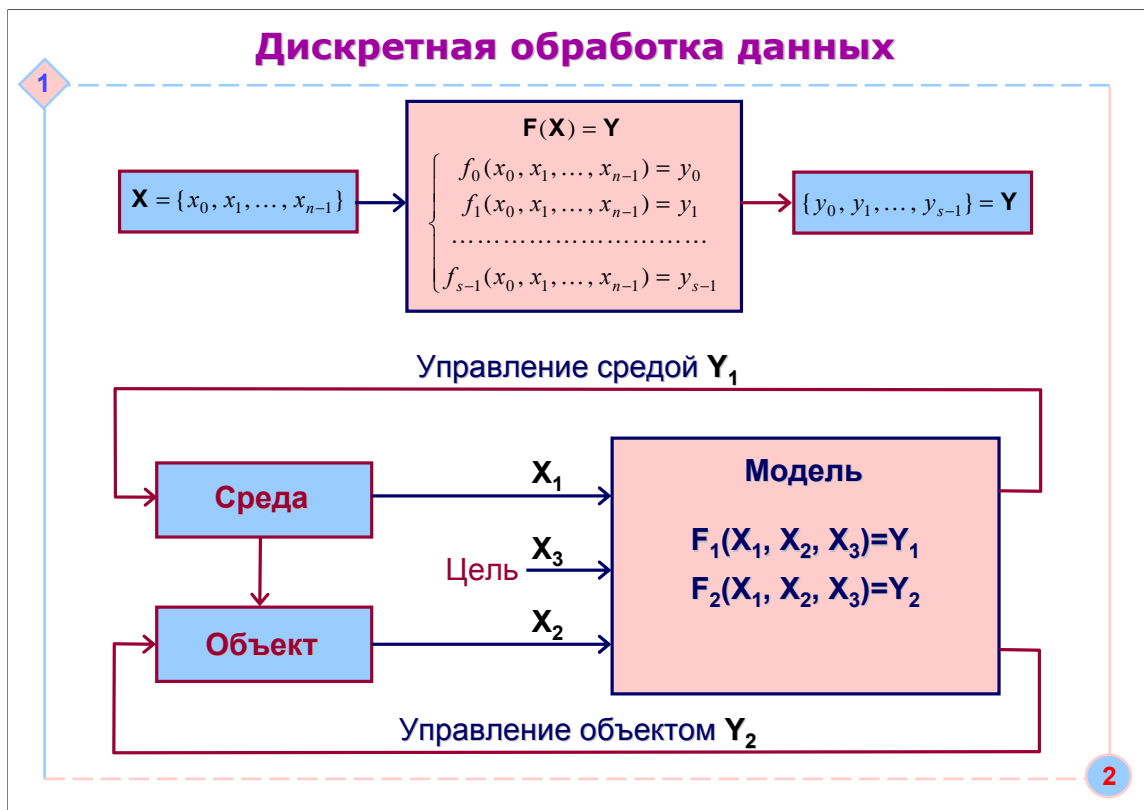
05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

05.13.15 – «Вычислительные машины и системы»

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора технических наук

1

Вашему вниманию предлагаются результаты диссертационного исследования на тему «Синтез эффективных математических моделей дискретной обработки данных на основе алгебраической и понятийной декомпозиции предметной области».



Данные при **дискретной обработке** представляются в виде конечных последовательностей знаков, а сама обработка осуществляется путем преобразования входных данных в выходные посредством разделения входных данных на части (переменные) и выполнения над этими переменными некоторой последовательности операций. В связи с чем возникает задача представления функций большой размерности в виде композиции функций меньшей размерности.

Постановка задачи **в управлении** базируется на автоматных моделях с памятью. Описание функционирования такой модели осуществляется в виде распределенных во времени элементарных действий, каждое из которых является результатом вычисления дискретной функции.

Таким образом, **главной задачей** дискретной обработки данных является дискретная декомпозиция.

## Декомпозиция функций

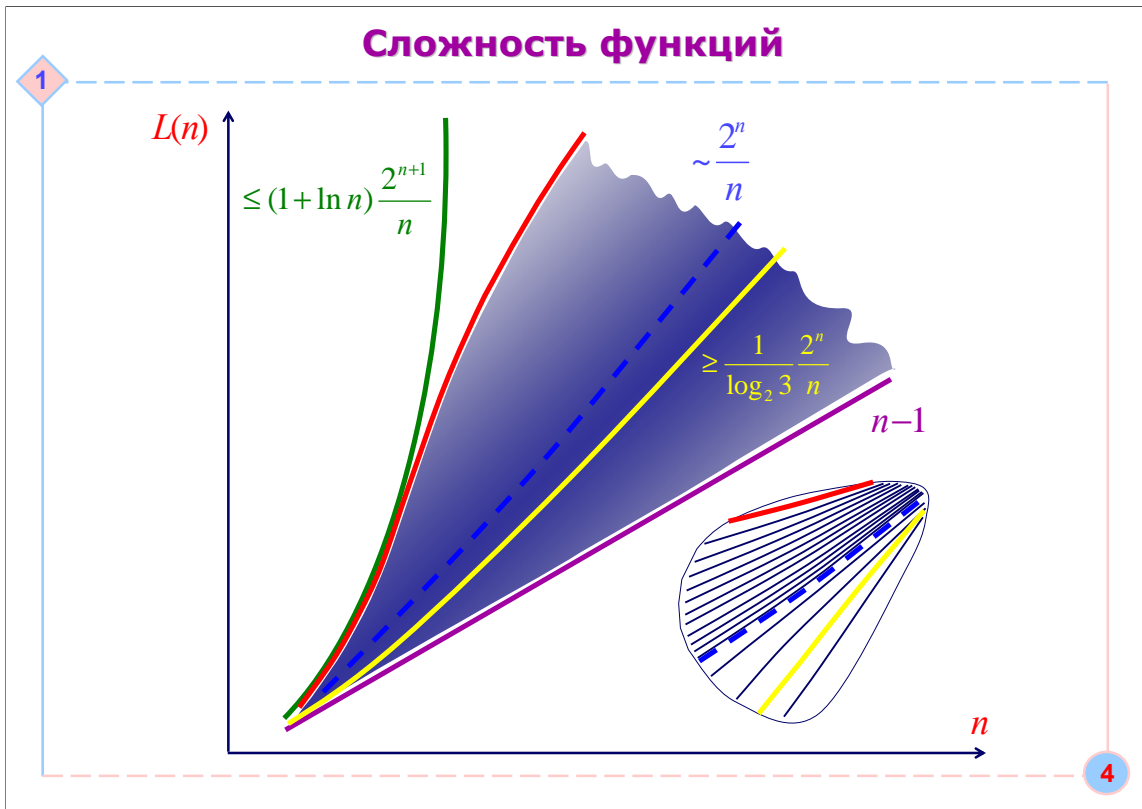
1

Декомпозиция	Конструкция для $f(X)$ , $X = X' \cup X''$ .
<b>Пересекающаяся</b> Закревский, 1964	$f(X) = g(X', h(X''))$
<b>Разделительная</b> Ashenhurst, 1952	$f(X) = g(X', h(X''))$
<b>Кратная</b> Curtis, 1956	$f(X) = g(X', h_1(X''), h_2(X''), \dots, h_m(X''))$
<b>Промежуточная</b> Лупанов, 1958	$f(X) = \sigma(g_1(X', h_1(X'')), \dots, g_m(X', h_m(X''))))$
<b>Алгебраическая</b> Выхованец, 2001	$f(X) = \sum g_i(X') \times h_i(X'')$
<b>Решающая</b> Shannon, 1938	$f(X) = \sum g_i(X \setminus x) \times h_i(x)$
<b>Спектральная</b> Карповский, 1970	$f(X) = \sum g_i(X) \times h_i$

3

История декомпозиции связана, в основном, с декомпозицией булевых функций, для которой использовано множество декомпозиционных схем, различающихся степенью своей общности. Наиболее общей является пересекающаяся декомпозиция Закревского, наименее общей – спектральная декомпозиция Карповского.

Некоторое промежуточное положение между этими крайними случаями занимает рассматриваемая в диссертации алгебраическая декомпозиция функций.



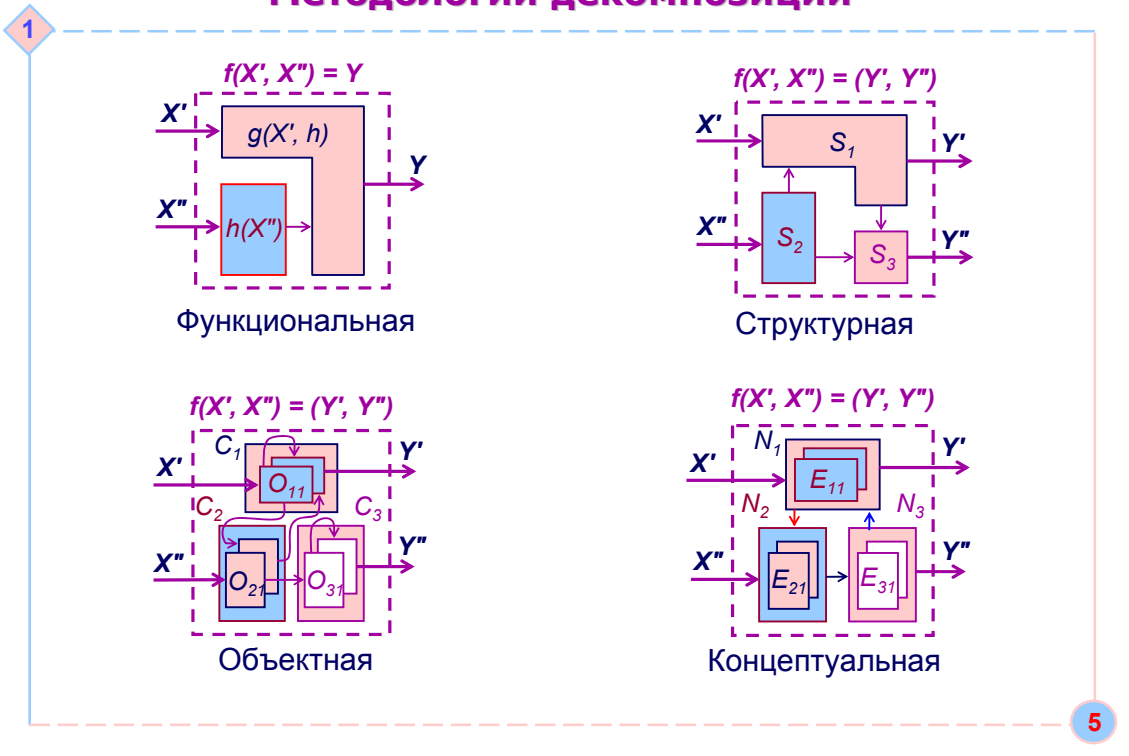
Исследователями также найдены для некоторых базисов приближенные верхние и нижние оценки сложности представления функций. Установлено, что почти все функции в асимптотической области реализуются с максимальной сложностью.

Однако нерешенными остались задачи:

- определения максимальной сложности функций в конечной области;
- нахождения прикладных методик синтеза, удовлетворяющих этой оценке.

**Часть выполненного исследования посвящена решению этих задач.**

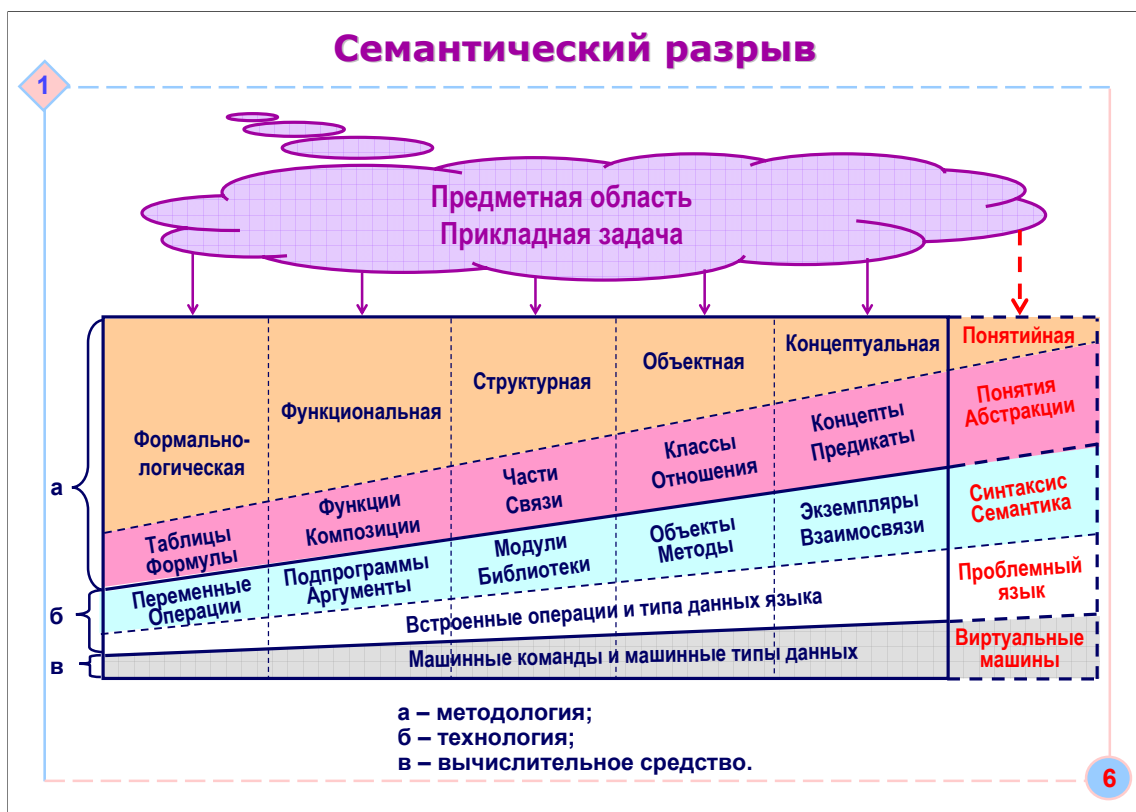
## Методологии декомпозиции



Оказалось, что декомпозиция общего вида нереализуема для функций большой размерности, ибо приводит к **серьезным вычислительным трудностям**.

В связи с чем дискретную обработку данных представляют в **алгоритмических формах**, на основе использования не общих, а поиска частных декомпозиционных схем.

**Теоретической базой** для этого служат функциональная, структурная, объектная и концептуальная методологии анализа предметной области, которые реализуются соответствующими технологиями моделирования и программирования.



Несмотря на развитость и относительную завершенность перечисленных методологий и технологий, труднопреодолимым остается семантический разрыв между содержательными представлениями относительно предметной области и теми средствами, которые служат для выражения этих представлений на языке формальной спецификации.

Для сокращения семантического разрыва используют повышение уровня абстракции используемых языков. Однако, последнее не затрагивает существенным образом синтаксис этих языков, что связано с проблемами описания семантики.

В итоге, реализация дискретной обработки данных до сих пор выполняется на интуитивном уровне, с применением неформальных методов, основанных на искусстве разработчиков, их практическом опыте, экспертных оценках и экспериментальных проверках получаемых результатов.

**В диссертационной работе исследуется сокращение семантического разрыва на основе понятийной декомпозиции предметной области, где базовыми элементами выступают понятия и их абстракции, а технология моделирования связана с заданием синтаксиса форм выражения понятий и описания семантики каждой такой формы. При этом определяется проблемный язык, который используется для реализации дискретной обработки данных на вычислительных средствах с различной организацией.**

## Научная проблема

1

**Научная проблема** – теоретическая разработка и практическое решение проблемы синтеза эффективных математических моделей дискретной обработки данных на основе формально-логической и концептуально-онтологической декомпозиции.

**Цель работы** – решение важной прикладной задачи автоматизации преобразования высокоуровневого (первичного) описания предметной области в терминах содержательной постановки задачи в ее эффективное низкоуровневое представление, состоящее из последовательности команд (операций) вычислительного средства.

**Объект** – процесс обработки данных, реализуемый вычислительными средствами дискретного действия.

**Предмет** – математические модели предметной области, полученные на основе концептуальной, объектной, структурной, функциональной и логической декомпозиции.

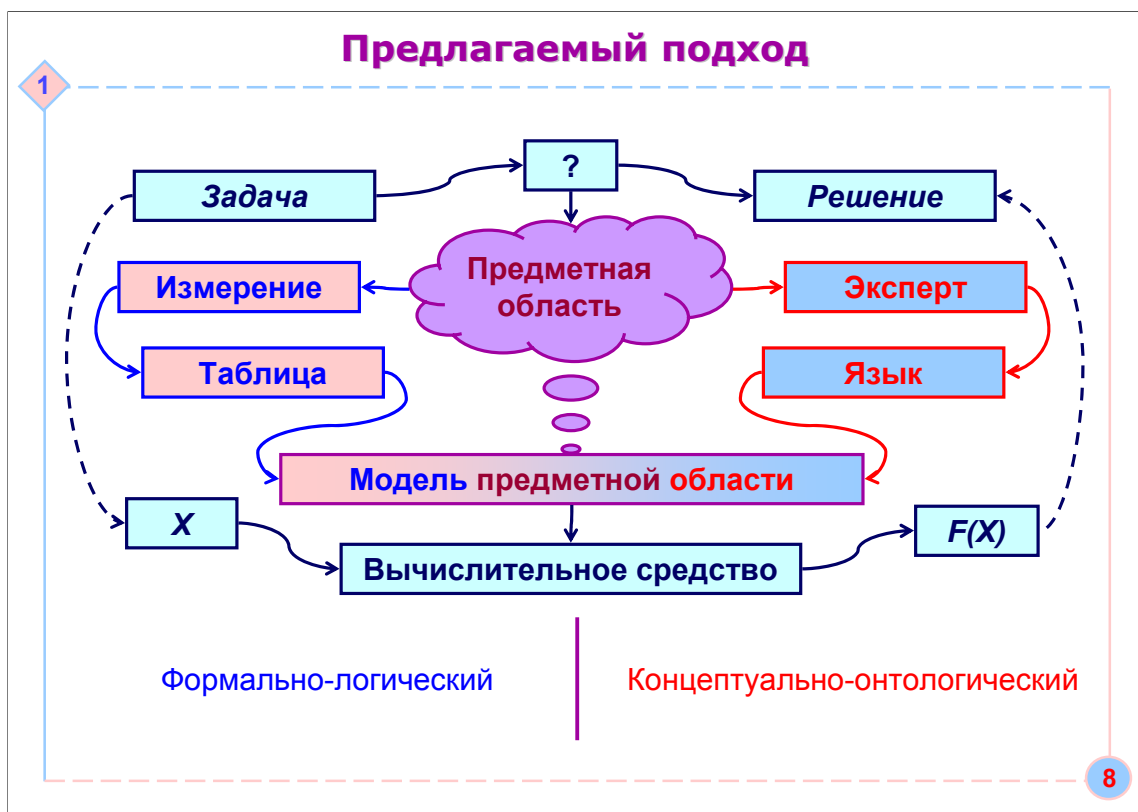
7

Таким образом, **научная проблема диссертационной работы** – это теоретическая разработка и практическое решение проблемы синтеза эффективных математических моделей дискретной обработки данных на основе формально-логической и концептуально-онтологической декомпозиции предметной области.

**Целью работы** является решение важной прикладной задачи автоматизации преобразования высокоуровневого (первичного) описания предметной области в терминах содержательной постановки задачи в ее эффективное низкоуровневое представление, состоящее из последовательности команд (операций) вычислительного средства.

Отсюда **объектом исследования** закономерно становится процесс обработки данных, реализуемый вычислительными средствами дискретного действия.

А его **предмет** – математические модели предметной области, полученные на основе концептуальной, объектной, структурной, функциональной и логической декомпозиции.



Особенностью выполненных исследований является применение двух, в каком-то смысле, **противоположных подходов**: формально-логического и концептуально-онтологического. Эти подходы используются совместно для решения одной и той же задачи – синтеза эффективных математических моделей дискретной обработки данных.

При **формально-логическом** подходе исходными данными для синтеза математических моделей являются результаты наблюдения предметной области, представленные в табличной форме.

При **концептуально-онтологическом** подходе синтез осуществляется на основе текстового выражения содержательных представлений эксперта на некотором языке.

В обоих случаях создается формализованное описание дискретной обработки данных, используемое вычислительным средством.



## Задачи исследования

1

**Общая задача** – получение эффективных математических моделей дискретной обработки данных на основе формальной спецификации предметной области и решаемых в ней прикладных задач.

### Частные задачи:

- разработка методологии анализа предметной области, позволяющей строить ее эффективные декомпозиционные схемы в виде синтаксически и семантически замкнутых (прозрачных) формальных спецификаций;
- создание технологии обработки данных, основанной на отражении декомпозиционных схем предметной области в конструкциях специализированного предметного (проблемного) языка;
- разработка методов описания семантики проблемного языка, обеспечивающих решение заданных прикладных задач путем дискретной обработки данных;
- обоснование методики определения эффективности дискретной обработки данных и получение точных, приближенных и асимптотических оценок сложности синтезируемых математических моделей;
- развитие общей теории дискретных функций на основе аппарата алгебраической декомпозиции и его использования для синтеза эффективных формульных представлений.

9

Отсюда, **общая задача исследования** – получение эффективных математических моделей дискретной обработки данных на основе формальной спецификации предметной области и решаемых в ней прикладных задач, где эффективность модели определяется количеством выполняемых операций.

### Частными задачами являются:

- разработка методологии анализа предметной области, позволяющей строить ее эффективные декомпозиционные схемы в виде синтаксически и семантически замкнутых (прозрачных) формальных спецификаций;
- создание технологии обработки данных, основанной на отражении декомпозиционных схем предметной области в конструкциях специализированного предметного, или проблемного, языка;
- разработка методов описания семантики проблемного языка, обеспечивающих решение заданных прикладных задач путем дискретной обработки данных;
- обоснование методики определения эффективности дискретной обработки данных и получение точных, приближенных и асимптотических оценок сложности синтезируемых математических моделей;
- развитие общей теории дискретных функций на основе аппарата алгебраической декомпозиции и его использования для синтеза эффективных представлений.

## Структура работы

1

**Глава 1** – критический анализ известных результатов в области моделирования и обработки данных.

**Глава 2** – методология понятийного анализа и формальная теория понятий.

**Глава 3** – контекстная технология обработки данных и определение семантики проблемных языков.

**Глава 4** – система контекстного программирования и разнесенный грамматический разбор.

**Глава 5** – алгебраическая декомпозиция дискретных функций и образующие алгебры.

**Глава 6** – алгебраический синтез эффективных математических моделей дискретной обработки данных.

**Приложение 1** – решение задачи управления лифтом.

**Приложение 2** – реализация исчисления предикатов 1-го порядка.

**Приложение 3** – описание использованной виртуальной машины.

**Приложение 4** – синтез форм представления дискретных функций.

**Приложение 5** – полиномиальная факторизация матриц.

10

Структура работы.

В **Главе 1** дается критический анализ известных результатов в области моделирования и обработки данных.

**Глава 2** посвящена методологии понятийного анализа и формальной теории понятий.

В **Главе 3** рассмотрена контекстная технология обработки данных и методы определения семантики формальных языков.

В **Главе 4** описана разработанная система контекстного программирования и найденный для нее метод разнесенного грамматического разбора.

Главы 5 и 6 посвящены формально-логическому подходу к синтезу математических моделей формально-логическими методами.

В **Главе 5** исследуется алгебраическая декомпозиция дискретных функций и образующие алгебры.

А в **Главе 6** описывается методика алгебраического синтеза эффективных математических моделей дискретной обработки данных.

Имеется также 5 приложений, в которых рассмотрены различные прикладные вопросы синтеза эффективных математических моделей.

В **Приложении 1** приведено решение задачи управления лифтом.

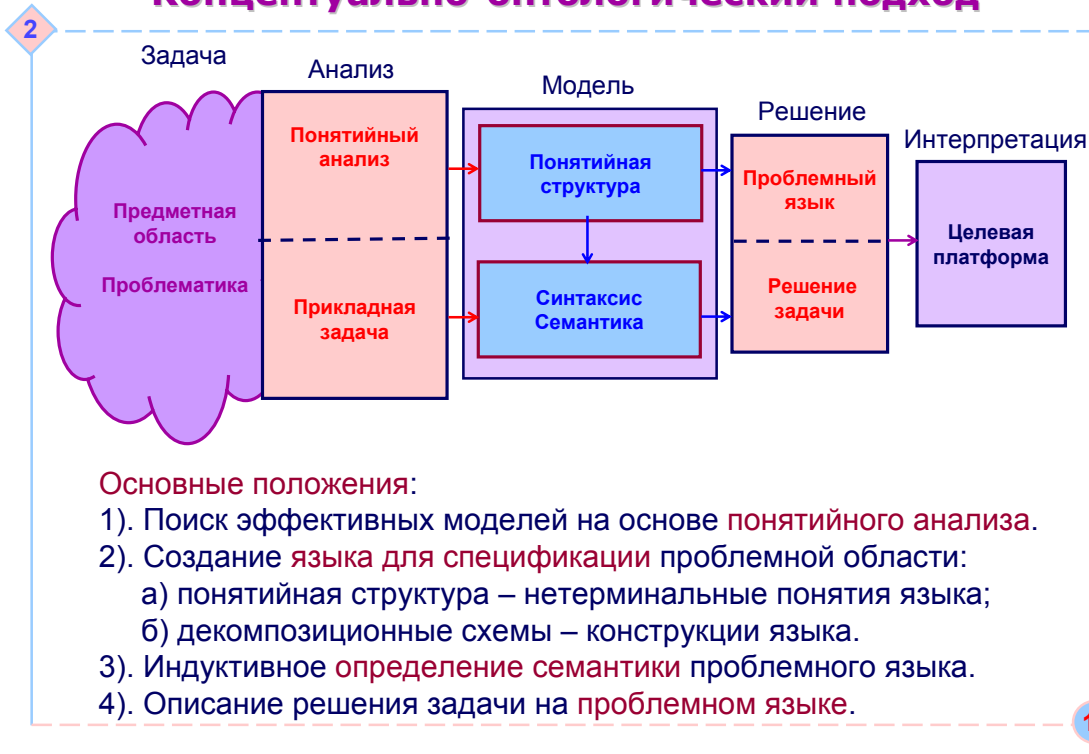
В **Приложении 2** показана реализация исчисления предикатов 1-го порядка.

В **Приложении 3** дано описание использованной виртуальной машины.

**Приложение 4** посвящено синтезу форм представления дискретных функций.

А в **Приложении 5** излагается полиномиальная факторизация матриц.

## Концептуально-онтологический подход



Основные положения предлагаемого **концептуально-онтологического** подхода заключаются в следующем.

1). Поиск эффективных декомпозиционных схем осуществим на основе **понятийного анализа** предметной области с учетом класса решаемых задач, заданных некоторой проблематикой.

2). Для формальной спецификации результатов этого анализа будем строить **проблемный язык**. Для чего:

– выявленную в процессе анализа **понятийную структуру** предметной области отразим в понятиях создаваемого языка;

– найденные **декомпозиционные схемы** преобразуем в его языковые конструкции.

3). Интерпретацию, или **вычислительную семантику** проблемного языка, зададим методом математической индукции на базе первичных семантических категорий, поставляемых **целевой вычислительной платформой**.

4). **Описание решения** задачи реализуем на созданном проблемном языке.

Такой подход позволяет по другому поставить и по иному подойти к решению проблемы сокращения семантического разрыва, наблюдаемого в настоящее время между высокоуровневыми спецификациями предметной области и низкоуровневыми моделями, реализующими эти спецификации.

## Понятийная декомпозиция

2

**Понятийная декомпозиция** – нахождение *понятийного базиса* проблемной области, позволяющего эффективно описать решение стоящей прикладной задачи.

**Проблемная область** – совокупность предметной области и решаемых в ней задач (проблем).

**Предметная область** – фрагмент реальной (языковой, виртуальной) действительности, представляемый множеством принадлежащих ему сущностей.

**Сущность** – устойчивое и уникальное представление в предметной области, воспринимаемое некоторой совокупностью признаков.

$$N = \begin{cases} \text{shm } N = (P^0, P^1, \dots, P^{n-1}); \\ \text{int } N = \{(P_j^0, P_j^1, \dots, P_j^{n-1}) \mid j = 0, 1, \dots\}; \\ \text{ext } N = \{N_0, N_1, \dots, N_{m-1}\}. \end{cases}$$

12

Как уже было сказано, в основе концептуально-онтологического подхода лежит **понятийная декомпозиция**, или нахождение понятийного базиса проблемной области, позволяющего в компактной форме эффективно выразить решение стоящей прикладной задачи.

Здесь под **проблемной областью** понимается совокупность предметной области и решаемых в ней задач (проблем), а **предметная область** рассматривается как фрагмент реальной, языковой, виртуальной действительности, представляемый некоторой совокупностью принадлежащих ему сущностей, где **сущность** – это устойчивое и уникальное представление в предметной области, воспринимаемое совокупностью своих признаков.

Воспользуемся известным **формализмом** понятия: понятия будем именовать и задавать схемой, интенционалом и экстенционалом.

**Схема** – это набор признаков, на которых понятие определено.

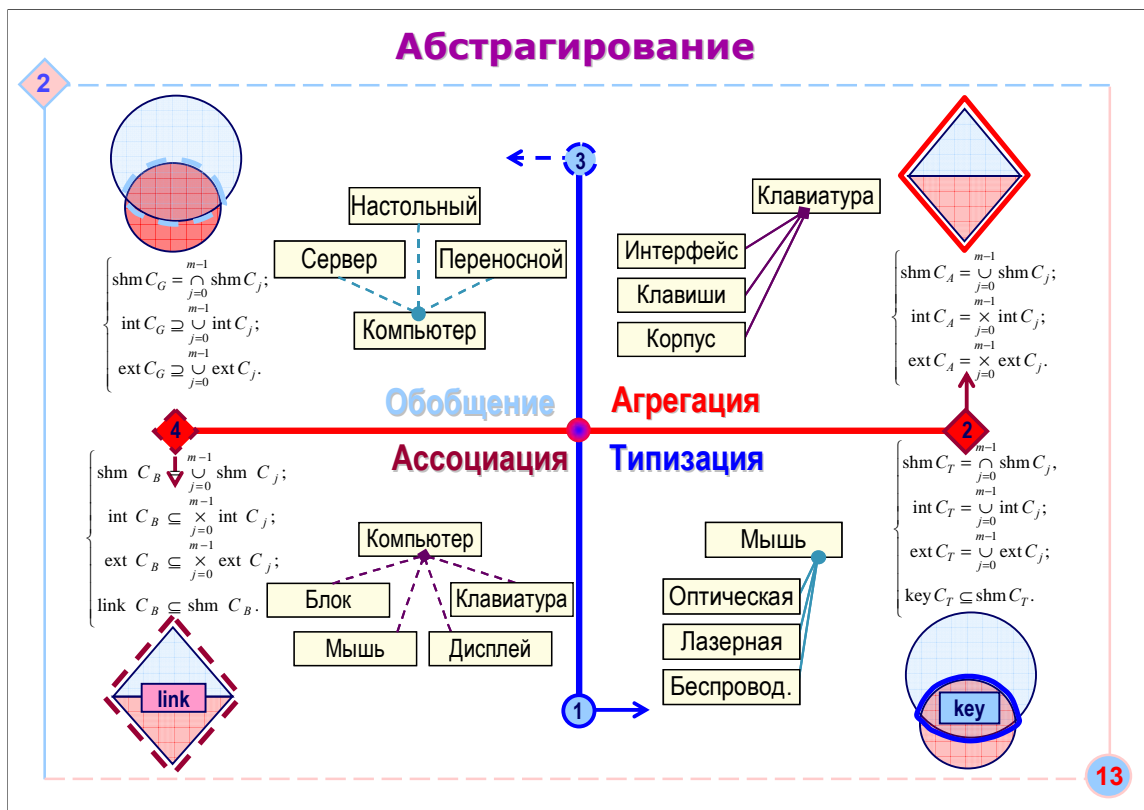
**Интенционал** – наборы значений взаимосвязанных признаков, позволяющим отличать сущности, принадлежащие понятию от других сущностей.

**Экстенционал** – множество сущностей, принадлежащих понятию.

В свою очередь **сущности**, или единичные понятия, будем рассматривать как понятия, имеющие тривиальные экстенционал и схему, равные этому понятию.

**Признаки**, или простые понятия, представим как понятия, имеющие схему, совпадающую с понятием признака, а экстенционал – состоящий из единичных понятий – значений признака.

В итоге **понятие** определяется как именованное множество других понятий, имеющих общую подсхему.



Создание понятийной структуры предметной области основывается на выявлении способов абстрагирования понятий.

**Абстрагирование** – форма мышления, при которой образуются понятия. Воспользуемся для формализации понятийного анализа четырьмя известными абстракциями.

1. **Типизация** – это порождение понятия на основе пересечения схем типизируемых понятий и точного объединения экстенсионалов. **Ключ**, в этом случае, необходим для восстановления того типизированного понятия, которому принадлежит сущность из экстенсионала понятия-типа.

2. **Агрегация** – это порождение понятия на основе объединения схем агрегируемых понятий и полного декартова произведения их экстенсионалов.

3. **Обобщение** – порождение понятия на основе пересечения схем обобщаемых понятий и расширенного объединения экстенсионалов. Следует заметить, что типизация является частным случаем обобщения.

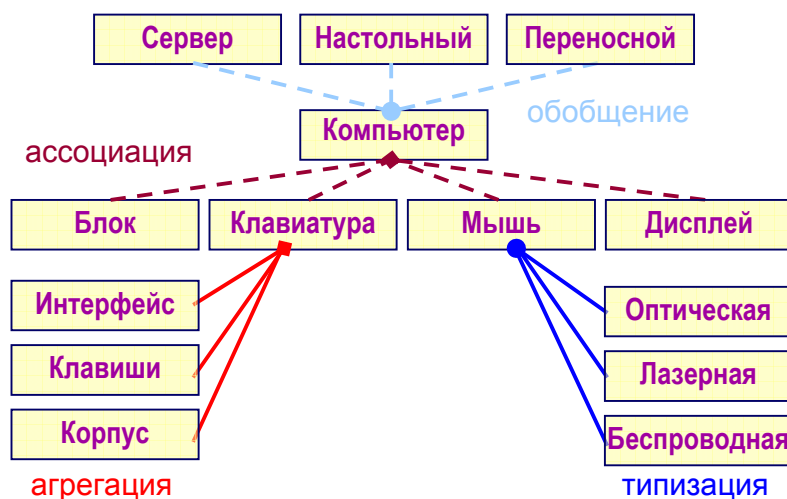
4. В свою очередь, **ассоциация** – это порождение понятия на основе объединения схем ассоциируемых понятий и ограниченного декартова произведения экстенсионалов (**новый результат**). **Связь**, в этом случае, служит для перехода от сущности одного ассоциированного понятия к связанным с ней сущностям других ассоциированных понятий. Из определения следует, что агрегация является предельным случаем ассоциации, когда сущности ассоциируемых понятий соединяются понятием-ассоциацией безусловно, в любых комбинациях, а связь тривиальна и равна схеме понятия-ассоциации.

## Понятийная структура

2

**Понятийная структура S** – множество понятий **N**, на которых заданы отображения абстрагирования: **G** – обобщения, **T** – типизации, **A** – агрегации, **B** – ассоциации;

$$S = \langle C, G, T, A, B \rangle.$$



14

Результаты абстрагирования понятий представим в виде **понятийной структуры** (**новый результат**), которая рассматривается как совокупность понятий, на которых заданы способы их образования. Носителем понятийной структуры является множество понятий, а ее сигнатурой – множество однозначных отображений обобщения, типизации, агрегации и ассоциации.

В качестве **примера** на слайде показана одна из возможных понятийных структур для предметной области «Компьютер».

## Исчисление понятий

2

● **Алфавит:**

- ◆  $N, N_1, N_2, \dots;$
- ◆ операции  $\neg, \Pi, \sqcup;$
- ◆ отношения  $\supset, \supseteq;$
- ◆ пунктуация  $(, ), \text{—}$ .

● **Аксиоматика:**

- ◆ аксиома пустого понятия.
- **Правила вывода:**
  - ◆ простых понятий (**П**);
  - ◆ составных понятий (**О**, **А**);
  - ◆ сложных понятий (**С**).

$$\text{П} \quad \frac{()() \quad \neg^N \quad ()N()}{() \quad \vdash \quad (N)}$$

$$\text{О} \quad \frac{\frac{(\dots)N_1(\dots)}{\text{shm } N_1} \dots \frac{(\dots)N_m(\dots)}{\text{shm } N_m} \quad \neg^N \quad (N_1 \dots N_m)N()}{\prod_{i=1}^m \text{shm } N_i \supset ()} \quad \prod_{i=1}^m \text{shm } N_i}$$

$$\text{А} \quad \frac{\frac{(\dots)N_1(\dots)}{\text{shm } N_1} \dots \frac{(\dots)N_m(\dots)}{\text{shm } N_m} \quad \neg^N \quad ()N(N_1 \dots N_m)}{\prod_{i=1}^m \text{shm } N_i \supset ()} \quad \prod_{i=1}^m \text{shm } N_i$$

$$\text{С} \quad \frac{\frac{(\dots)N_1(\dots)}{\text{shm } N_1} \dots \frac{(\dots)N_m(\dots)}{\text{shm } N_m} \quad \neg^N \quad (N_1 \dots N_t)N(N_{t+1} \dots N_m)}{\prod_{i=1}^t \text{shm } N_i \supseteq \prod_{j=t+1}^m \text{shm } N_j} \quad \prod_{j=t+1}^m \text{shm } N_j$$

15

Для выражения результатов понятийного анализа разработано исчисление понятий.

**Исчисление понятий** определим как исчисление понятийных структур, а саму понятийную структуру будем задавать множеством формул, каждая из которых определяет образование одного из ее понятий.

**Алфавит** исчисления включает знаки понятий, знак отсутствия определения некоторого понятия, знаки операций объединения и пересечения множеств, отношения включения, знаки пунктуации.

Исчисление строится на основе теории множеств с одной дополнительной аксиомой – **аксиомой** существования пустого понятия.

Для порождения формул исчисления используются четыре **правила вывода**, служащие для образования: простых понятий-признаков, составных понятий при их обобщении или ассоциации, и сложных понятий, когда одновременно используются как абстракция обобщения, так и абстракция ассоциации.

В диссертации показано, что исчисление понятий является **полной и непротиворечивой** теорией.

## Понятийный анализ

2

**Цель анализа** - выделить понятия, способы их абстрагирования и выражения так, чтобы стало возможным создать проблемный язык, описать его семантику и эффективно решить стоящую задачу.

- **Разделение** сущностей предметной области на сигнификативные и денотационные;
- **Означивание** сигнификативных сущностей и выявление существенных признаков у денотационных;
- **Сопоставление** денотационных сущностей и определение их общих и различающихся признаков;
- **Образование** новых или определение уже существующих понятий на основе интеграции и дифференциации признаков;
- **Создание** понятийной структуры предметной области путем описания отображений одних понятий на другие;
- **Уточнение** способа абстрагирования понятий (обобщения или типизации, ассоциации или агрегации);
- **Вычисление** схем понятий и задание ключей – для типизации, связей – для ассоциации.

16

Ведущую роль в предлагаемом подходе играет методика понятийного анализа. Цель понятийного анализа – так выделить понятия, способы их абстрагирования и выражения, чтобы стало возможным создать проблемный язык, описать его семантику и эффективно решить стоящую задачу.

В предлагаемой методике анализа выделяются следующие шаги:

**1. Разделение** сущностей предметной области на сигнификативные и денотационные; сигнификативные сущности выражаются терминальными понятиями создаваемого языка, а денотационные – нетерминальными.

**2. Означивание** сигнификативных сущностей и выявление существенных признаков у денотационных;

**3. Сопоставление** денотационных сущностей и определение их общих и различающихся признаков;

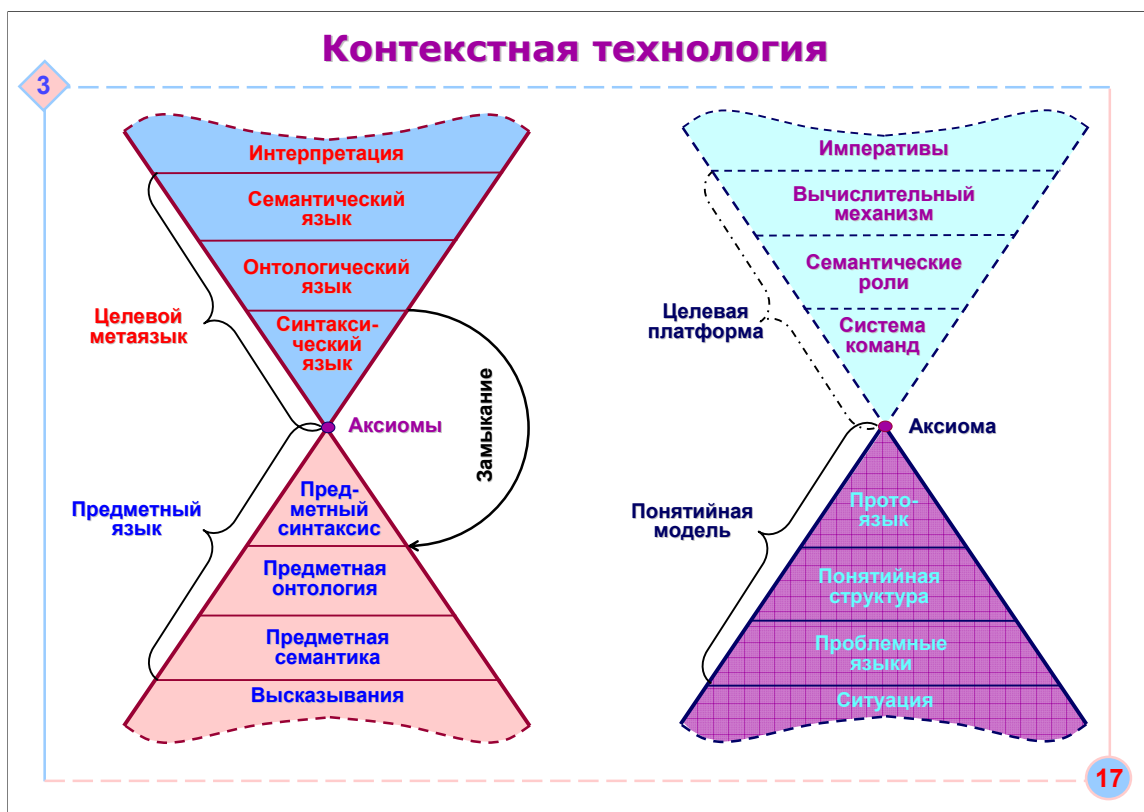
**4. Образование** новых или определение уже существующих понятий на основе интеграции и дифференциации признаков;

**5. Создание** понятийной структуры предметной области путем описания отображений одних понятий на другие;

**6. Уточнение** способа абстрагирования понятий (обобщения или типизация, ассоциация или агрегация);

**7. Вычисление** схем понятий и задание ключей – для типизации, связей – для ассоциации.





Формализованные результаты понятийного анализа используются в **контекстной технологии** обработки данных.

Особенностью контекстной технологии, отличающей ее от других известных технологий, является построение для решения каждой прикладной задачи специфического для этой задачи проблемного языка, а также определение вычислительной семантики этого языка.

Известно, что в любой **семиотической системе** присутствует два языка: предметный язык - для выражения высказываний, и метаязык - для описания синтаксиса и семантики этих высказываний.

**Предметный язык** будем рассматривать как тройку, состоящую из предметного синтаксиса, или правил построения высказываний; предметной онтологии, или системы понятий языка, и предметной семантики, или правил интерпретации высказываний.

В **метаязыке** выделим соответственно три типа выразительных средств: для описания предметного синтаксиса; для определения предметной онтологии; для описания предметной семантики.

Выполним **семантическое замыкание**, т.е. отождествим составные части метаязыка с соответствующими частями предметного языка, а семантику полученного языка будем определять на этом же языке (**новый результат**).

Так как внутри **замкнутой семиотической системы** описать семантику нельзя, воспользуемся внешним интерпретатором – целевой вычислительной платформой, состоящей, как и метаязык, из следующих частей: алфавита метазнаков, или система команд; семантических ролей, или действий, выполняемых этими командами; и механизма интерпретации метавысказываний, или вычислительного механизма целевой платформы.

В итоге получаем **понятийную модель** предметной области, которая состоит из аксиомы, служащей для связи с целевой платформой, протоязыка, предназначенного для задания синтаксиса проблемных языков, понятийной структуры предметной области и проблемных языков, на которых осуществляется описание семантики и решение стоящей прикладной задачи, оформленной в виде текста ситуации (**новый результат**).



Таким образом, декларируемой частью контекстной технологии является протоязык. **Протоязык** определяет наиболее устойчивые положения понятийного анализа и служит для описания понятийных структур и синтаксиса проблемных языков (**новый результат**).

**Программа** состоит из понятийной модели и ситуации, в которой описывается решение задачи.

**Понятийная модель** строится как описания сущностей предметной области.

**Сущностям** приписывается имя понятия, а само **понятие** задается как абстракция в виде дифференциации (обобщения) и интеграции (ассоциации) ранее объявленных понятий.

**Содержание** понятия задается множеством предложений, служащих для выражения интенционала.

Каждое **предложение**, в свою очередь, состоит из двух частей – синтаксиса и семантики.

**Синтаксис** предложения выражается последовательностью элементов, каждый из которых либо понятие, либо лексема.

**Лексемы** представляются термом или множеством термов, заданным на языке регулярных выражений.

**Семантика** состоит из множества **прагматик**, где **аспект** выражает имя прагматики и позволяет отличать одну прагматику от другой.

Для описания процесса компиляции, семантики предложений и ситуаций используется **текст**, построенный по правилам определяемого языка.

**Привязка** понятийной модели к целевой вычислительной платформе осуществляется с помощью **аксиомы**, выражаемой пустыми квадратными скобками, иницирующими запись текущего элемента предложения в область формируемого императива.

## Понятийная модель

4

```
() Variable ()
"[A-Za-z][A-Za-z0-9]*" { ... }
() Constant ()
'false' [ `mov eax, 0; push eax` ] {}
'true' [ `mov eax, -1; push eax` ] {}
(Variable) Logic ()
Variable [ `pop ebx; mov eax, [ebx]; push eax` ] {}
(' Boolean ') {}
(Constant Logic) Negation ()
'not' Logic [ `pop eax; not eax; push eax` ] {}
(Negation) Conjunction ()
Negation 'and' Negation [ `pop eax; pop edx; and eax, edx; push eax` ] {}
(Conjunction) Disjunction ()
Conjunction `a` 'or' Conjunction `b` { not (not a and not b) }
(Disjunction) Boolean ()
Disjunction `a` 'imp' Disjunction `b` { not a or b }

<(not x or y) and z>      fuzzy <(not x or y) and z >
```

19

В качестве примера использования протоязыка рассмотрим **понятийную модель** предметной области «Исчисление высказываний». Проблематика этой модели – вычисление логических выражений.

**Понятийная структура** включает понятия *Переменная*, *Константа*, *Логическое*, *Отрицание*, *Конъюнкция*, *Дизъюнкция* и *Булево*. Понятие **Логическое** обобщено от понятия *Переменная*; *Отрицание* – от *Константа* и *Логическое*; *Конъюнкция*, *Дизъюнкция* и *Булево* – соответственно от *Отрицания*, *Конъюнкции* и *Дизъюнкции*.

Для выражения перечисленных понятий используются **предложения**: для выражения сущностей понятия *Переменная* имеется предложение, определяющее правила именования переменных в виде шаблона (последовательность букв и цифр, начинающаяся с буквы); константы выражаются двумя предложениями, состоящими из термов *false* и *true*; и т.д. Последнее предложение используется для выражения понятия Булево и состоит из двух понятий Дизъюнкция и соединяющего их термина *imp*.

**Семантика** предложений, кроме последних двух, задана низкоуровневыми средствами. Текст в апострофах передается целевой системе программирования – в данном случае, ассемблеру аппаратной платформы.

В итоге, текст первой **ситуационной части** приведет к традиционному вычислению логического выражения. В рассмотренной понятийной модели возможно задание других прагматик, например, для выполнения вычислений в нечеткой логике. Тогда второй текст может быть проинтерпретирован как нечеткое высказывание, где *fuzzy* – аспект нечетких вычислений.

В **Приложении 1 и 2** приведены более сложные примеры: решение задачи управления лифтом и создание системы логического программирования.

## Семантическая индукция

3

Определение семантических категорий по мере необходимости, в процессе определения проблемного языка и средствами этого языка:

- **база индукции** – первичные категории, которые непосредственно реализуются целевой вычислительной платформой и декларируются перед использованием;
- **предположение индукции** – все ранее определенные семантические категории, выраженные на проблемном языке;
- **индуктивный переход** – описание семантики нового или уже существующего предложения на уже определенном до этого проблемном подязыке;
- **заключение индукции** – определение новой или доопределение существующей семантической категории.

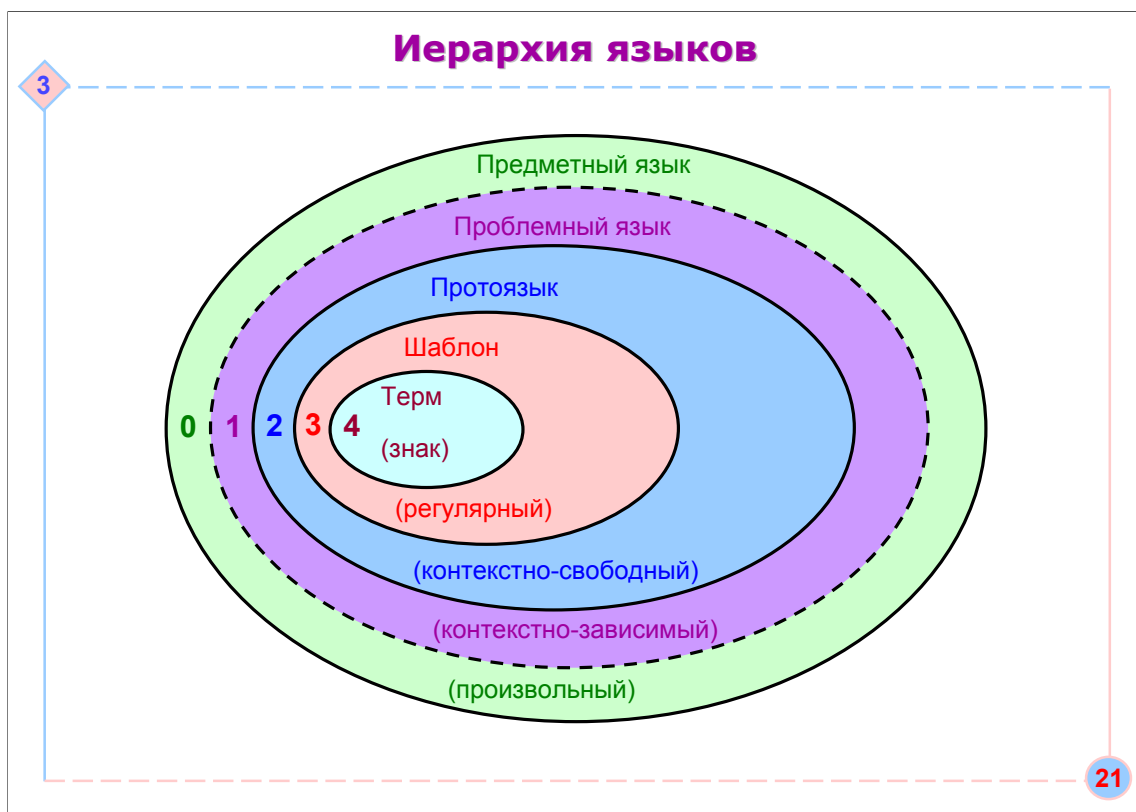
```
(Conjunction) Disjunction ()  
Conjunction `a` 'or' Conjunction `b` { not (not a and not b) }  
(Disjunction) Boolean ()  
Disjunction `a` 'imp' Disjunction `b` { not a or b }
```

20

Следует обратить внимание на то, что в рассмотренной понятийной модели семантика последних двух предложений выражена на уже определенном к тому времени проблемном языке, для чего использованы известные тождества, позволяющие выразить дизъюнкцию и импликацию через ранее определенные понятия.

Отсюда видно, что описание семантики в контекстной технологии осуществляется на основе метода математической индукции, который заключается в том, что семантические категории определяются по мере необходимости, в процессе определения проблемного языка и средствами этого языка, т.е. проблемный язык одновременно является и семантическим языком, используемым для своего описания.

В итоге имеем, что семантика понятий задается путем декларации с помощью аксиомы первичных семантических категорий, которые непосредственно реализуются целевой платформой (база индукции), а описание новых семантических категорий осуществляется на проблемном языке, для чего используются ранее определенные семантические категории (индуктивный переход).



В контекстной технологии просматривается определенная **иерархия** языковых средств, которая включает 5 уровней:

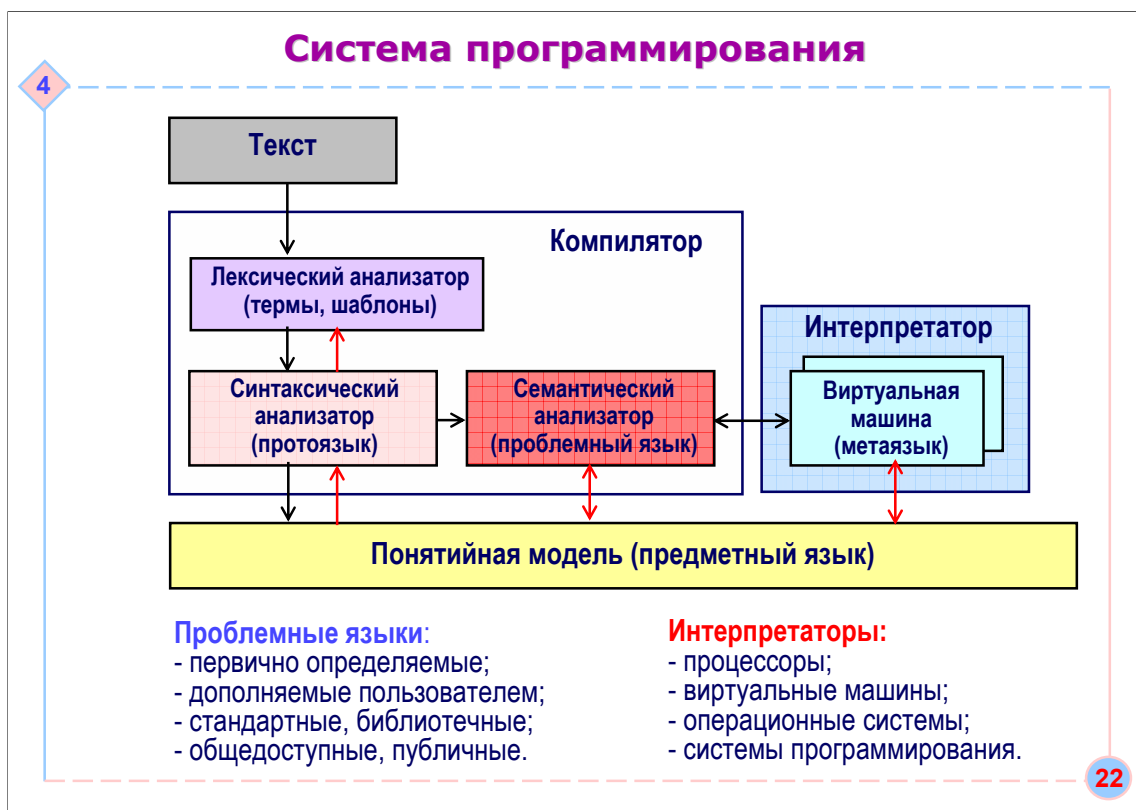
4 уровень – **термы**: это непосредственное использование знаков терминального алфавита;

3 уровень – **шаблоны**: служат для выражение перечислимых множеств термов на языке регулярных выражений;

2 уровень – **протоязык**: является контекстно-свободным и используется для описание синтаксиса проблемных языков;

1 уровень – **проблемный язык**: выразительные возможности которого соответствуют контекстно-зависимому языку;

и, наконец, 0 уровень – **предметный язык**: является квазиестественным и рассматривается как совокупность проблемных языков, в которой возможны трансформационные преобразования компилируемого текста, что соответствует выразительным возможностям произвольных языков по классификации Хомского.



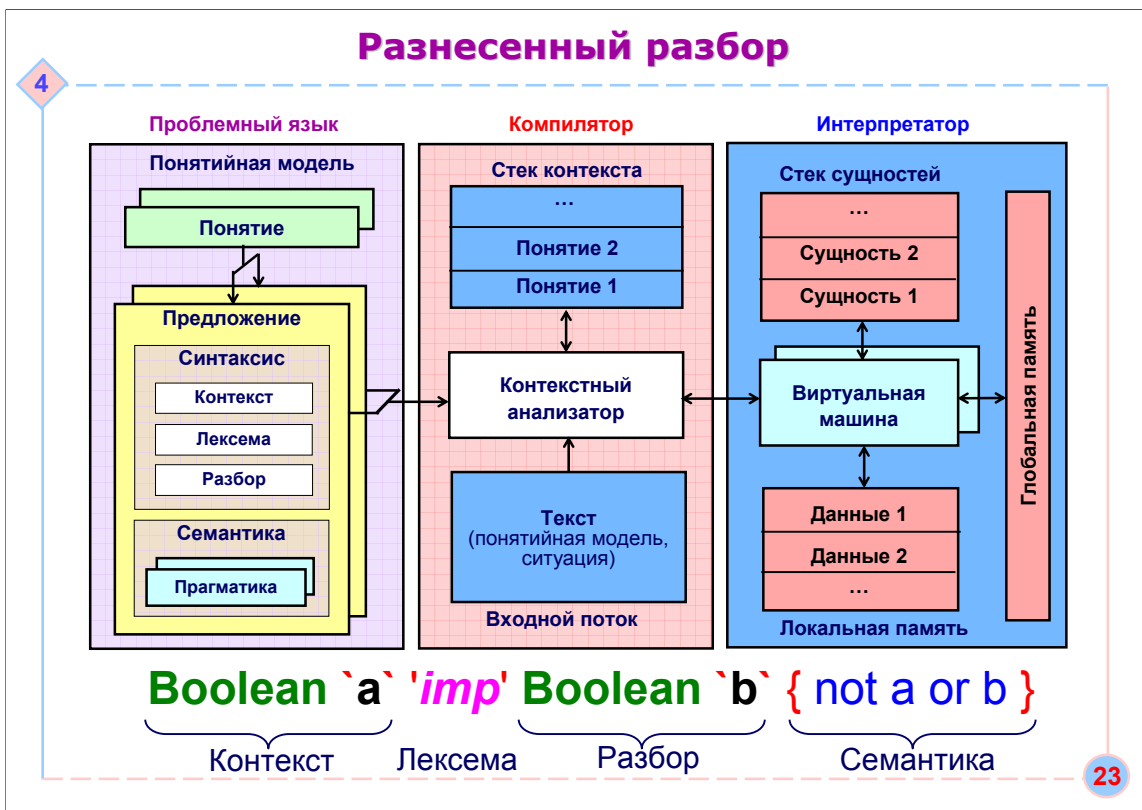
Для экспериментальной проверки полученных результатов реализована **система контекстного программирования**.

Входной поток содержит **текст** программы, результатом обработки которого является **понятная модель**.

**Лексический анализатор** предназначен для контекстного выделения лексем, а **синтаксический анализатор** – для грамматического разбора той части текста, которая описывается на протоязыке. Другая часть текста, выраженная на проблемном языке, обрабатывается **семантическим анализатором**.

Для интерпретации текста (выполнения императивов) используется одна или несколько целевых платформ, реализованных в виде **виртуальных машин**.

Если во входном тексте имеется **ситуационное описание**, то после компиляции этого описания происходит его выполнение.



Для повышения эффективности анализа текста разработан и используется в контекстной технологии метод **разнесенного грамматического разбора** (новый результат).

Для его реализации каждое предложение модели разделяется на три **области**: контекст, лексему и область разбора.

Поиск предложений, **сопоставимых** с текущим состоянием анализатора, осуществляется путем сравнения контекста предложений с текущим контекстом в стеке контекста.

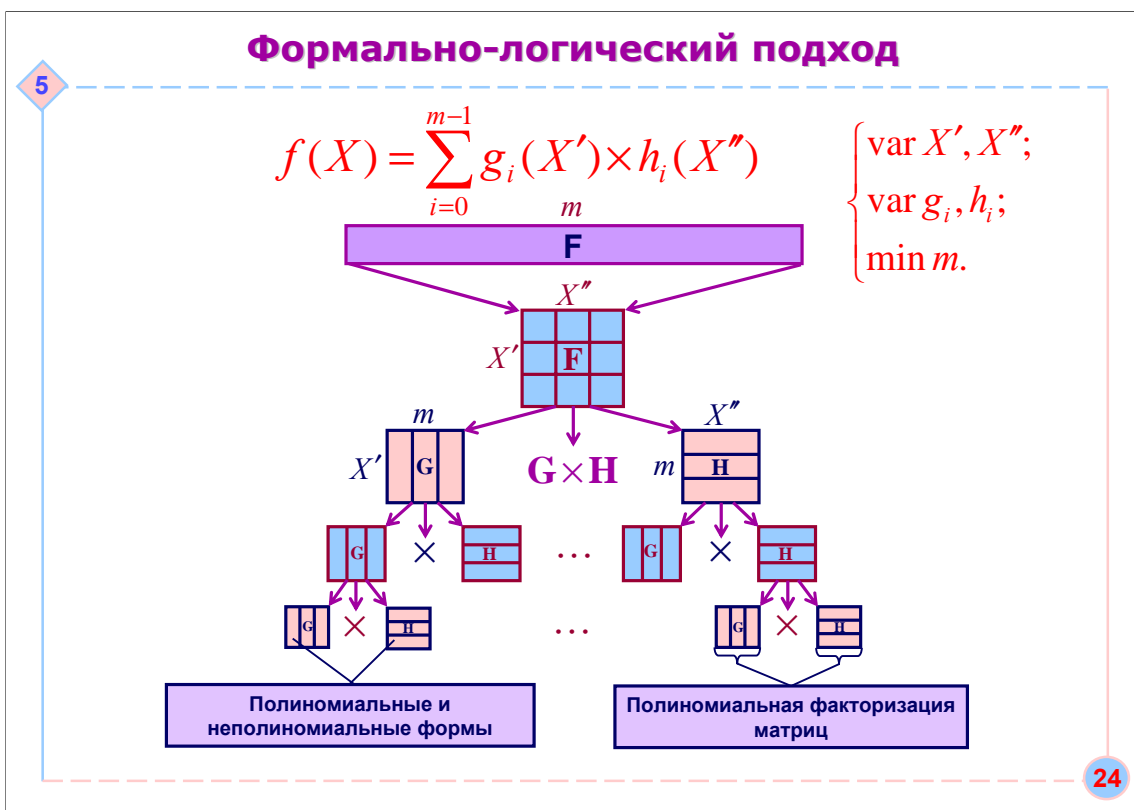
Из сопоставимых предложений выбираются **применимые**, лексема которых представляется текущим термом из входного потока.

В итоге текст, подлежащий просмотру назад, уже представлен текущим контекстом, а его разбор выполняется до сопоставления предложений.

После выявления применимого предложения наступает этап **разбора** оставшейся его части, которая еще не сопоставлена входному потоку – выполняется просмотр вперед.

Если все элементы области разбора сопоставлены входному потоку, то предложение считается **распознанным**, контекст предложения в стеке контекста замещается на его понятие-результат, а полученное состояние входного потока объявляется текущим.

**Результаты вычислительного эксперимента в системе контекстного программирования показали состоятельность основных положений понятийного анализа и контекстной технологии.**



24

Рассмотрим теперь **синтез** математических моделей дискретной обработки данных в рамках формально-логического подхода.

Необходимость использования этого подхода вызвана тем, что существует класс задач, для эффективного решения которых неприменимы известные методологии анализа предметной области и соответствующие им технологии моделирования, в том числе и описанный ранее понятийный подход и основанная на этом подходе контекстная технология.

При решении таких задач использование высокоуровневых моделей не представляется возможным по причине отсутствия у них необходимой содержательной интерпретации. Например, такие задачи возникают в цифровой обработке сигналов, проектировании дискретных устройств, первичной обработке измерительных данных, и в других областях, характерной особенностью которых является представление исходных и результирующих данных в виде таблиц (векторов, двумерных и многомерных массивов и других однородных структур).

Суть исследованного **подхода** заключается в том, что после разделения переменных на два непересекающихся подмножества  $X'$  и  $X''$  исходная функция  $f$  представляется через систему частичных функций меньшей размерности: функций  $g_i$ , зависящих от первого подмножества переменных и функции  $h_i$ , зависящие от второго подмножества.

Заметим, что в отличие от известных результатов в области дискретной декомпозиции, функции  $g_i$  не задаются заранее, до проведения синтеза, а вычисляются совместно с  $h_i$ , в процессе декомпозиции.

Найденные таким образом функции  $g_i$  и  $h_i$  на **следующем шаге** подвергаются аналогичному разложению.

Декомпозиция **завершается**, когда получены элементарные функции, которые могут быть реализованы вычислительным средством.

В **Приложении 4** приведена методика синтеза полиномиальных и неполиномиальных форм, при которой каждая частичная функция представляется формулой в базисе произвольных унарных и бинарных операций.

А в **Приложении 5** ставится и решается задача полиномиальной факторизации матриц, при которой уже множество функций представляется в виде единого выражения – полинома.



## Образующие алгебры

5

$$f(X) = \sum_{i=0}^{m-1} g_i(X') \times h_i(X''), \quad \mathbf{F} = \mathbf{G} \times \mathbf{H}$$

**Алгебра логики**

$$R_L = \langle N_k, +, \times \rangle$$

$$+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & * & * & * \\ 2 & * & * & * \\ 3 & * & * & * \end{bmatrix} \quad \times = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

**G** – матрица перестановок (двузначные унимодальные функции)

**Мультипликативная**

$$R_M = \langle N_k, +, \times \rangle$$

$$+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & * & * & * \\ 2 & * & * & * \\ 3 & * & * & * \end{bmatrix} \quad \times = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

**G** – мономиальная (многозначные унимодальные функции)

**Аддитивная**

$$R_A = \langle N_k, +, \times \rangle$$

$$+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \times = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

**G** – биполярная (трехзначные мульти-модальные функции)

**Фундаментальная**

$$R_F = \langle N_k, +, \times \rangle$$

$$+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \times = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

**G** – фундаментальная (многозначные мульти-модальные функции)

25

Оказалось, что для выполнения разделительной декомпозиции необходимо уметь решать системы линейных уравнений в различных алгебраических системах. Алгебры, или бигруппоиды, позволяющих разрешить эту задачу, названы **образующими**.

Найдены **четыре класса образующих алгебр**: алгебра логики, мультипликативная, аддитивная и фундаментальная алгебры, различающиеся свойствами операций сложения и умножения.

В **алгебре логики** требования к операциям минимальны – необходимо только существование нейтрального элемента по сложению (коммутативный нуль) и левого нейтрального элемента по умножению (левая единица), при этом для разрешимости системы уравнений частичные функции  $g_i$  должны образовывать матрицу перестановок, т.е. являться двузначными унимодальными.

**Мультипликативная алгебра** отличается от алгебры логики тем, что операция умножения образует группу на множестве без нулевого элемента, а частичные функции  $g_i$  составляют мономиальную матрицу, т.е. являются многозначными унимодальными (**новый результат**).

**Аддитивная алгебра**, в свою очередь, по отношению к алгебре логики имеет группу по сложению, а частичные функции задаются биполярной матрицей (**новый результат**).

В **фундаментальной алгебре** к операциям предъявляются самые серьезные требования – они должны образовывать конечное поле или целостное кольцо, а частичные функции составлять матрицу с ненулевым определителем.

## Алгебраический синтез

6

$$f(X) = \sum_{i=0}^{M'-1} g_i(X') \times h_i(X'') = \sum_{i=0}^{M'-1} \left( g_i(X') \times \sum_{j=0}^{M''-1} g_{ij}(X'') \right)$$

$$\begin{bmatrix} \tau & \phi & \phi & \phi & \phi & \phi \\ \phi & \tau & \phi & \phi & \phi & \phi \\ \phi & \phi & \tau & \phi & \phi & \phi \\ \phi & \phi & \phi & \tau & \phi & \phi \\ * & * & * & * & \tau & \phi \\ * & * & * & * & \phi & \tau \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ \phi & \phi & \phi & \phi \\ \phi & \phi & \phi & \phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ + & + & + & + \\ \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

$\left. \begin{array}{l} \text{Линейная комбинация} \\ \text{Спектральное разложение} \end{array} \right\} \begin{cases} M' = k''; \\ M'' \sim \frac{k''}{n''} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = n' + n'' \\ k'' \sim \frac{k'}{n''} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M = M'M'' \sim \frac{m}{n^2}; \\ L = nM \sim \frac{m}{n} \end{cases}$

$\left. \begin{array}{l} \text{Разделение переменных} \\ \text{Условие оптимальности} \end{array} \right\} \begin{cases} \text{Сложность разложения} \\ \text{Сложность представления} \end{cases}$

$k' - k''$

$k''$

$k''$

$k'$

26

Исследован **синтез** эффективных формул в различных образующих алгебрах. Для этого степени свободы, связанные с разделением переменных и выбором системы частичных функций были использованы для общей минимизации представления.

На содержательном уровне, не вдаваясь в детали, суть использованной **методики синтеза** заключается в следующем (**новый результат**).

Пусть задана прямоугольная таблица функции **F**, полученная при разделении переменных на два непересекающихся множества  $X'$  и  $X''$ . Представим **F** как произведение единичной матрицы **G** и матрицы **H**, равной **F**.

Тогда в любой образующей алгебре часть строк матрицы **H** являются линейно-зависимыми и могут быть выражены как линейная комбинация оставшихся. Это позволяет при изменении элементов **G**, помеченных звездочкой, обнулить линейно-зависимые строки **H** и получить **сложность разложения** функции, равную  $k''$ .

Так как замена некоторого столбца матрицы **G** на его сумму с любым другим столбцом при соответствующем суммировании строк **H** не изменяет **F**, то для уменьшения **сложности представления** построим такой набор функций  $g_j$ , которые выражаются бесповторными бесскобочными формулами.

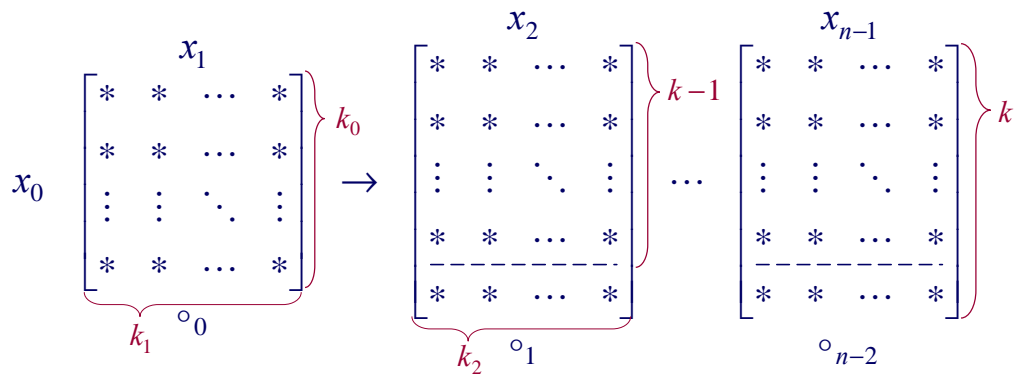
Полученные при этом функции-коэффициенты  $h_j$  подвергнем **спектральному разложению**, сложность которого, как показано в диссертации, не превосходит  $k'' / n''$ , где  $n''$  – число переменных в множестве  $X''$ . Если при разделении переменных положить  $k'' = k' / n''$ , то в итоге получим сложность представления функции **L**, которая является наилучшей для всего множества функций той же размерности. Здесь  $m$  - это длина вектора функции, а  $n$  – число ее переменных.

Отсюда **эффективными** следует называть такой синтез, при котором получается количество операций, не превосходящее найденного максимального их числа, которого достаточно для реализации любой функции той же размерности.

## Аналитическая конструкция

6

$$g(X) = x_0 \circ_0 x_1 \circ_1 x_2 \circ_2 \dots \circ_{n-2} x_{n-1}$$



$$N_g^*(k, k_0, k_1, \dots, k_{n-1}) = k^{(k-\alpha) \left( \sum_{i=0}^{n-1} k_i - \beta \right)}$$

$$0 < \alpha < 1, \quad \beta \approx k$$

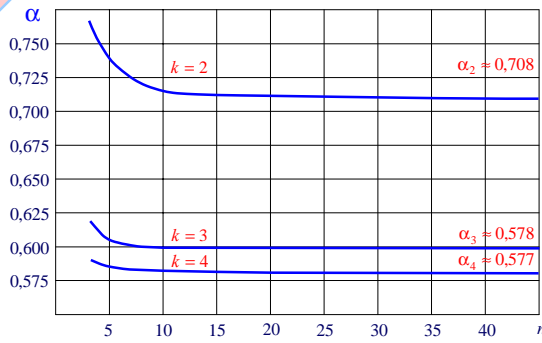
27

Для получения **точных оценок сложности** исследована используемая при синтезе **бесповторная бесскобочная** конструкция формул.

Найдено **количество различных функций  $N^*$** , порождаемых такой конструкцией, где  $k$  – значность образующей алгебры,  $k_i$  – значности переменных, коэффициент  $\alpha$  - порождающая способность конструкции, а  $\beta$  - параметр, учитывающий начальные условия (**новый результат**).

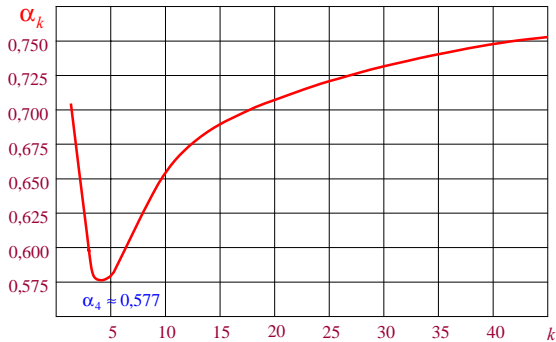
## Порождающая способность

6



$$\alpha = k - \frac{\log_k N_g^* - k_0 k_1}{\sum_{i=2}^{n-1} k_i}$$

$$\alpha_k = k - \frac{1}{k} \log_k \prod_{i=0}^{k-1} \frac{k^k - i}{i+1}$$



28

Исследована **зависимость порождающей способности  $\alpha$**  от числа переменных и значности образующей алгебры (**новый результат**).

Установлено, что с ростом числа переменных порождающая способность асимптотически быстро стремится к некоторой величине – **предельной порождающей способности  $\alpha_k$** , а **наибольшее число функций** порождается при значности образующей алгебры, равной 3 и 4, когда алгебраический синтез наиболее эффективен (**новый результат**).

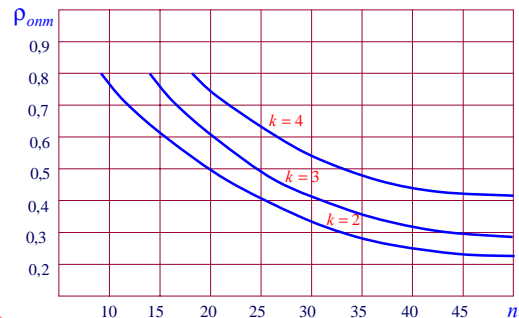
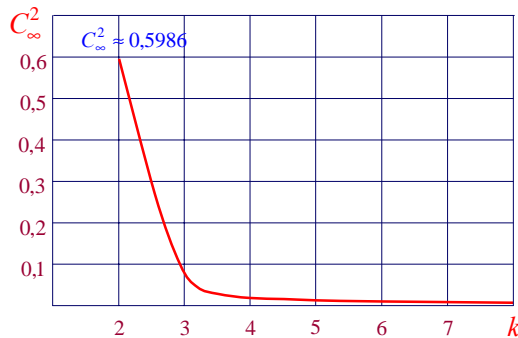
## Сложность представления

6

$$L(k, k_0, k_1, \dots, k_{n-1}) = \frac{C^2}{n} \prod_{i=0}^{n-1} k_i$$

$$C = \frac{1}{k - \alpha} \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \left(\sum_{i=0}^{n-1} k_i - 2\beta\right)\right)^2 - \rho^2}}$$

$$\rho = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=0}^{n'-1} k'_i - \sum_{j=0}^{n''-1} k''_j \right) > 0$$



29

На основе этих результатов найдена **точная оценка сложности** представления дискретных функции (**новый результат**), где, как и ранее,  $k$  – значность образующей алгебры,  $k_i$  – значности переменных,  $\alpha$  – порождающая способность аналитической конструкции,  $\beta$  – начальное условие, а  $\rho$  – параметр, характеризующий разделение переменных (**новый результат**).

Наименьшая сложность представления функции достигается при **оптимальном разделении** переменных, для которого найдены необходимые условия.

Исследовано также **асимптотическое поведение** константы  $C$  при различных  $k$  (**новый результат**).

## Эффективность обработки данных

6

$$L_{\text{эф}} = \frac{4}{n(k-\alpha)^2} \frac{\prod_{i=0}^{n-1} k_i}{\frac{1}{n^2} (\sum_{i=0}^{n-1} k_i - 2\beta)^2 - \rho_{\text{онм}}^2}$$

$$L_{\text{эф}} \approx 4 \frac{D_y}{D_x} 2^{D_x} - 4r, \quad E = \frac{L_{\text{эф}}}{L}$$

$L_{\text{эф}}$  ( $L$ ) – эффективное количество операций;

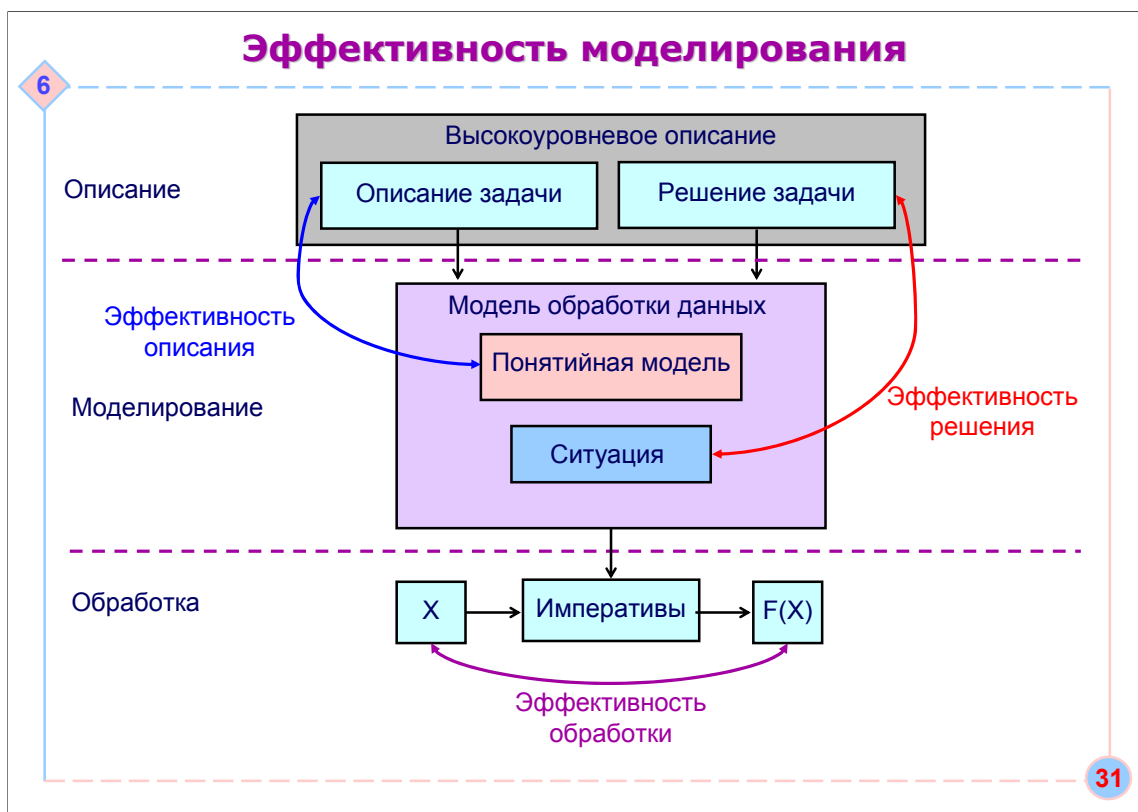
$D_x$  ( $D_y$ ) – объем входных (выходных) данных, бит;

$r$  – разрядность вычислительного средства, бит;

$E$  – эффективность модели.

30

Таким образом, в рамках формально-логического подхода получены результаты, которые позволяют по объему обрабатываемых данных  $D_x$  ( $D_y$ ) и количеству требуемых для этого операций  $L$  определить **эффективность** этой обработки с учетом разрядности  $r$  используемого вычислительного средства (**новый результат**).



В заключении укажем на положения, которые позволяют комплексно оценить эффективность математических моделей дискретной обработки данных.

Как указано ранее, в контекстной технологии возможно использование двух **эффективностей** – эффективности описания задачи и эффективности выражения ее решения, а при вычислениях - эффективности дискретной обработки данных, полученной формально-логическими методами.

**Эффективность описания** определяет семантический разрыв, который имеет место между высокоуровневой формой постановки и решения задачи и ее выражением на проблемном языке. Измеряется такая эффективность отношением числа знаков (слов) в тексте высокоуровневого описания (например, на естественном языке) и в тексте понятийной модели и ситуации.

В свою очередь **эффективность обработки** вычисляется на основе замера объемов обрабатываемых данных и количества команд, необходимых для этой обработки (**новый результат**).

## Научная новизна

3

**Основной результат** – разработка проблемы синтеза эффективных моделей дискретной обработки данных на основе алгебраической и понятийной декомпозиции.

**Частные результаты:**

- предложена **методология понятийного анализа**, позволяющая на основе четырех видов отображений понятий получать синтаксически и семантически замкнутые формальные спецификации предметной области;
- разработана **технология контекстной обработки данных**, предназначенная для сокращения семантического разрыва между содержательными представлениями и языком моделирования;
- решена **задача описания семантики формальных языков** на основе метода математической индукции путем определения семантических категорий в процессе описания языка и описанными ранее средствами;
- обоснована **методика алгебраического синтеза** дискретных функций и найдены точные оценки сложности синтезируемых формул в асимптотической области и при конечной размерности задачи;
- обобщена теория алгебраической декомпозиции дискретных функций в классе **образующих алгебр**, различающихся требованиями к алгебраическим операциям.

32

Подытожим полученные результаты, имеющие научную новизну.

**Основной результат** – разработка в новой постановке проблемы синтеза эффективных моделей дискретной обработки данных на основе алгебраической и понятийной декомпозиции.

**Частные результаты:**

- предложена **методология понятийного анализа**, позволяющая на основе четырех видов отображений понятий получать синтаксически и семантически замкнутые формальные спецификации предметной области;
- разработана **технология контекстной обработки данных**, предназначенная для сокращения семантического разрыва между содержательными представлениями и языком моделирования;
- решена **задача описания семантики формальных языков** на основе метода математической индукции путем определения семантических категорий в процессе описания языка и описанными ранее средствами;
- обоснована **методика алгебраического синтеза** дискретных функций и найдены точные верхние оценки сложности синтезируемых формул в асимптотической области и при конечной размерности задачи;
- обобщена теория алгебраической декомпозиции дискретных функций в классе **образующих алгебр**, различающихся требованиями к алгебраическим операциям.



## Внедрение

3

**ЗАО «ЛАНИТ»** – при автоматической генерации документов на основе понятийного моделирования;

**«МАТИ» – РГТУ им. К.Э. Циолковского** – при изучении дисциплин «Организация ЭВМ и систем» «Надежность, эргономика и качество АСОИУ», «Программные средства автоматизации»;

**ООО «ФРАКТАЛ-М»** – для определения структурных характеристик наноматериала по изображению его поверхности;

**ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (КБ «Салют»)** – для представления документации в виде модели, позволяющей построить систему операционного контроля изделия с возможностью идентификации нестандартных ситуаций.

**Перспективы** дальнейших исследований:

– в **научно-исследовательской работе** по оценке качества программных и аппаратурных средств на основе использования новой метрики – абсолютной эффективности дискретной обработки данных;

– в открытии **инновационного проекта** по разработке промышленной системы контекстного программирования.

33

Результаты диссертационной работы внедрены:

в **ЗАО «ЛАНИТ»** – при автоматической генерации документов на основе понятийного моделирования;

в **«МАТИ» – РГТУ им. К.Э. Циолковского** – при изучении дисциплин «Организация ЭВМ и систем» «Надежность, эргономика и качество АСОИУ», «Программные средства автоматизации»;

в **ООО «ФРАКТАЛ-М»** – для определения структурных характеристик наноматериала по изображению его поверхности;

в **ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (КБ «Салют»)** – для представления документации в виде модели, позволяющей построить систему операционного контроля изделия с возможностью идентификации нестандартных ситуаций.

**Перспективы** дальнейших исследований по теме диссертации видятся:

– в научно-исследовательской работе по оценке качества программных и аппаратурных средств на основе использования новой метрики – абсолютной эффективности дискретной обработки данных;

– в открытии инновационного проекта по разработке промышленной системы контекстного программирования.

## Заключение

3

1). Предложена **методология понятийного анализа**, позволяющая получать эффективные декомпозиционные схемы предметной области в виде синтаксически и семантически замкнутых формальных спецификаций. Для этого:

– формализованы **основные виды абстракции** понятий и разработано исчисление понятий, предназначенное для онтологического описания предметных областей с помощью четырех видов связей между понятиями;

– разработан **протязык** для спецификации результатов понятийного анализа, предусматривающий выразительные средства для определения понятийной структуры, синтаксиса выражения понятий и многоаспектного описания семантики;

– найден **метод описания семантики** формальных языков на основе математической индукции, осуществляемый путем определения семантических категорий по мере необходимости, в процессе описания и описанными ранее средствами.

34

Позвольте подвести окончательный итог выполненного исследования.

1). Предложена **методология понятийного анализа**, позволяющая получать эффективные декомпозиционные схемы предметной области в виде синтаксически и семантически замкнутых формальных спецификаций. Для этого:

– формализованы четыре основные виды абстракции понятий и разработано исчисление понятий, предназначенное для онтологического описания предметных областей с помощью четырех видов связей между понятиями;

– разработан протязык для спецификации результатов понятийного анализа, предусматривающий выразительные средства для определения понятийной структуры, синтаксиса выражения понятий и многоаспектного описания семантики;

– найден метод описания семантики формальных языков на основе математической индукции, осуществляемый путем определения семантических категорий по мере необходимости, в процессе описания и описанными ранее средствами

## Заключение

3

2). Создана **контекстная технология обработки данных** на основе отражения понятийной структуры предметной области в понятиях создаваемого проблемного языка, а получаемые при понятийном анализе декомпозиционные схемы – в его языковых конструкциях. Для реализации системы контекстного программирования:

– доказано, что **выразительные возможности** языковых средств контекстной технологии обработки данных эквивалентны формализму контекстных грамматик;

– разработан **метод разнесенного грамматического разбора**, позволяющий выполнять эффективный анализ текста, порожденного, в том числе, и неоднозначными и контекстными грамматиками;

– предложен **метод определения прагматик** понятийной модели в виде многоаспектного описания семантики, позволяющий, в том числе, для такого описания использовать различные интерпретаторы: от процессоров целевых вычислительных платформ до текстов на целевых языках программирования.

35

2). Создана **контекстная технология обработки данных** на основе отражения понятийной структуры предметной области в понятиях создаваемого проблемного языка, а получаемые при понятийном анализе декомпозиционные схемы – в его языковых конструкциях. Для реализации системы контекстного программирования:

– доказано, что **выразительные возможности** языковых средств контекстной технологии обработки данных эквивалентны формализму контекстных грамматик;

– разработан **метод разнесенного грамматического разбора**, позволяющий выполнять эффективный анализ текста, порожденного, в том числе и неоднозначными и контекстными грамматиками;

– предложен **метод определения прагматик** понятийной модели в виде многоаспектного описания семантики, позволяющий в том числе, для такого описания использовать различные интерпретаторы: от процессоров целевых вычислительных платформ до текстов на целевых языках программирования.

## Заключение

3

3). Обобщена **теория алгебраической декомпозиции** дискретных функций на основе объединения алгебраических методов, разделительной декомпозиции и спектральных разложений в широком классе алгебраических систем. В частности:

– показано существование четырех типов **образующих алгебр** (алгебры логики, мультипликативной, аддитивной и фундаментальной алгебр), позволяющих решать системы линейных алгебраических уравнений, изучены их свойства и доказаны условия существования решений;

– найдены четыре класса **частичных функций** (унимодальные и мультимодальные, двузначные и многозначные), имеющие эффективную реализацию на вычислительных средствах с различными операционными возможностями;

– предложен **метод многошагового алгебраического синтеза** формул, позволяющий учесть нетривиальные свойства декомпозируемой функции и, на основе этого, получить ее эффективное представление.

36

3). Обобщена **теория алгебраической декомпозиции** дискретных функций на основе объединения алгебраических методов, разделительной декомпозиции и ортогональных разложений в широком спектре алгебраических систем. В частности:

– показано существование четырех типов **образующих алгебр** (алгебры логики, мультипликативной, аддитивной и фундаментальной алгебр), позволяющих решать системы линейных алгебраических уравнений, изучены их свойства и доказаны условия существования решений;

– найдены четыре класса **частичных функций** (унимодальные и мультимодальные, двузначные и многозначные), имеющие эффективную реализацию на вычислительных средствах с различными операционными возможностями;

– предложен **метод многошагового алгебраического синтеза** формул, позволяющий учесть нетривиальные свойства декомпозируемой функции и, на основе этого, получить ее эффективное представление.

## Заключение

3

4). Разработан **метод синтеза эффективных моделей** дискретной обработки данных при двухступенчатой алгебраической декомпозиции дискретных функций, базирующаяся на следующих результатах:

– выполнен **количественный и качественный анализ** порождающей способности аналитических конструкций формул и установлено, что для эффективного синтеза функций достаточно использовать наиболее простую аналитическую конструкцию неповторных бесскобочных формул с фиксированным порядком вхождения переменных;

– доказано, что при алгебраическом синтезе не требуется проверять все варианты разделения переменных, минимизация сложности обеспечивается **оптимальным их разделением**, гарантирующим неповторное бесскобочное представление частичных функций;

– получены **точные, приближенные и асимптотические оценки** сложности синтезируемых формул и показано, что синтезируемое количество операций не хуже известных наилучших оценок;

– найдена **методика оценки эффективности** и степени минимизации математических моделей при конечной размерности решаемых задач, что позволяет сравнивать по эффективности различные модели.

37

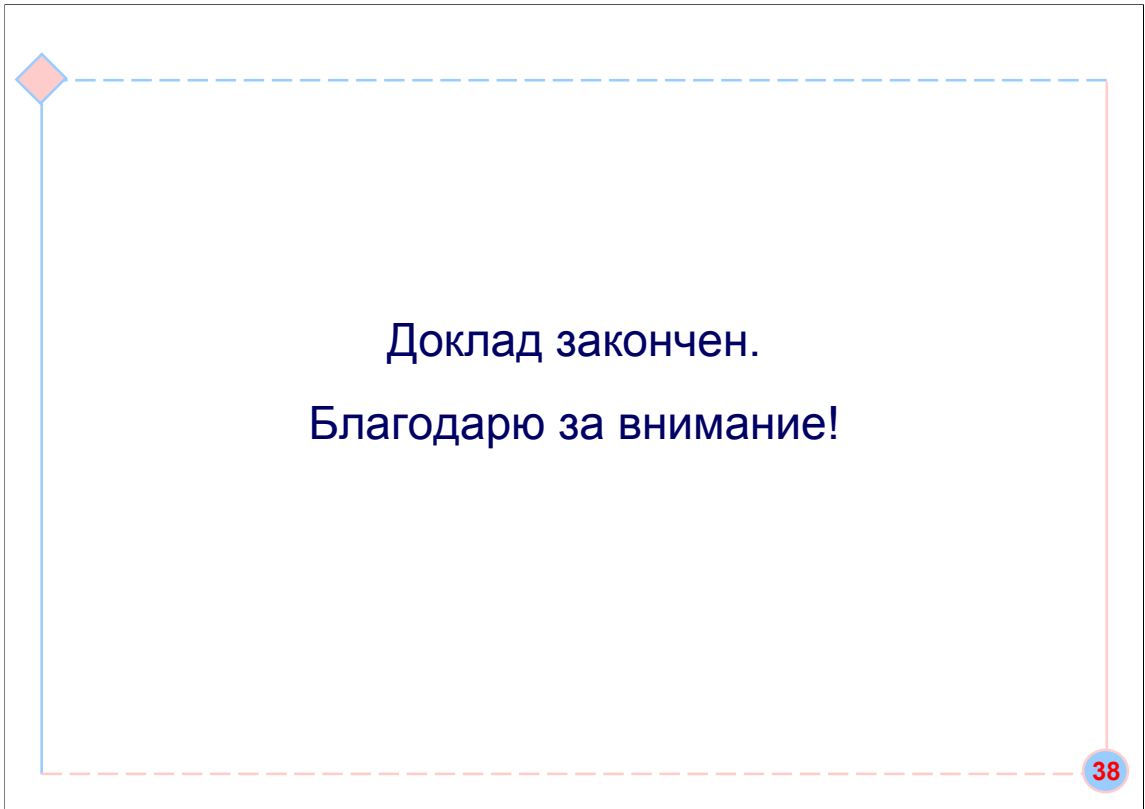
4). Разработан **метод синтеза эффективных моделей** дискретной обработки данных при двухступенчатой алгебраической декомпозиции дискретных функций, базирующаяся на следующих результатах:

– выполнен **количественный и качественный анализ** порождающей способности аналитических конструкций формул и установлено, что для эффективного синтеза функций достаточно использовать наиболее простую аналитическую конструкцию неповторных бесскобочных формул с фиксированным порядком вхождения переменных;

– доказано, что при алгебраическом синтезе не требуется проверять все варианты разделения переменных, минимизация сложности обеспечивается **оптимальным их разделением**, гарантирующим неповторное бесскобочное представление частичных функций;

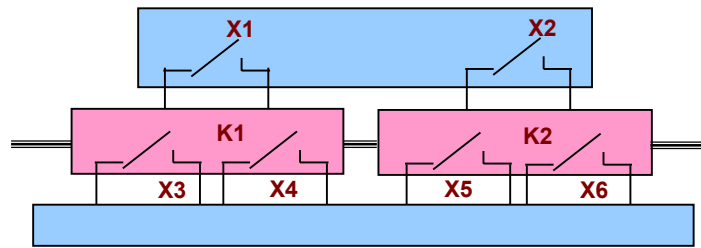
– получены **точные, приближенные и асимптотические оценки** сложности синтезируемых формул и показано, что получаемое количество операций не хуже известных наилучших оценок;

– найдена **методика оценки эффективности** и степени минимизации математических моделей при конечной размерности решаемых задач, что позволяет сравнивать по эффективности различные модели.



Доклад закончен. Благодарю за внимание!

## Логическое управление (решение)



< Начало.

Ожидать X1, Выдать Открытие K1.

Ожидать X4, Снять Открытие K1, Выдать Открытие K2.

Ожидать X6, Снять Открытие K2.

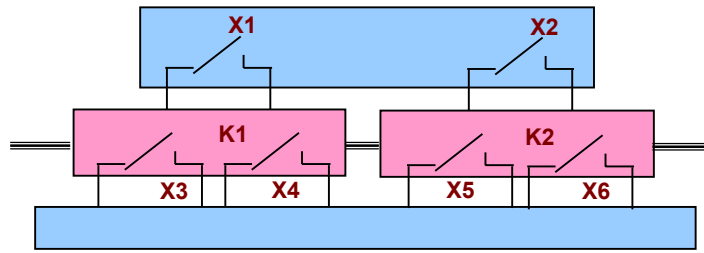
Ожидать X2, Выдать Закрытие K2.

Ожидать X5, Снять Закрытие K2, Выдать Закрытие K1.

Ожидать X3, Снять Закрытие K1.

Повторить. >

## Логическое управление (модель)



()()

"^"+ "1" {}

() Сигнал ()

'X1' [push 0201h;] {} 'X2' [push 0202h;] {} 'X3' [push 0203h;] {}

'X4' [push 0204h;] {} 'X5' [push 0205h;] {} 'X6' [push 0206h;] {}

() Команда ()

'Открытие K1' [push 0301h;] {} 'Закрытие K1' [push 0302h;] {}

'Открытие K2' [push 0303h;] {} 'Закрытие K2' [push 0304h;] {}

()()

{ mov eax, 100; L1: inc eax; jnz L1; } : { , , }

'Выдать' Команда { pop ebx; mov [ebx], 1; }

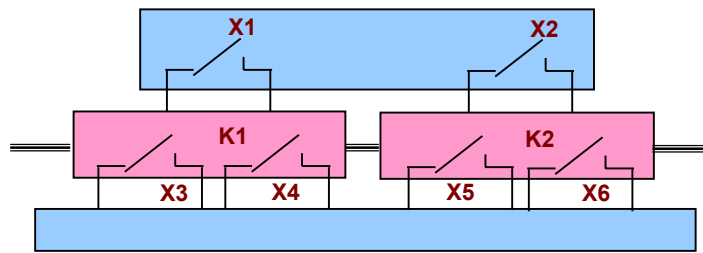
'Снять' Команда { pop ebx; mov [ebx], 0; }

'Ожидать' Сигнал { pop ebx; L2: mov eax, [ebx]; test eax, 0; je L2; }

'Начало' [L3: lea eax, L3; push eax;] " 'Повторить' [pop eax; jmp eax;] {}



## Логическое управление (задача)



Устройство управления при нажатии кнопки X1 подает управляющий сигнал на открытие клапана K1. После его открытия по сигналу открытого положения X4 снимается управляющий сигнал с клапана K1 и начинает открываться клапан K2. После его открытия по сигналу открытого положения X6 снимается управляющий сигнал с клапана K2, после чего устройство переходит в устойчивое состояние с открытыми клапанами.

В свою очередь, при нажатии кнопки X2 подает управляющий сигнал на закрытие клапана K2. После его закрытия по сигналу закрытого положения X5 снимается управляющий сигнал с клапана K2 и начинает закрываться клапан K1. После его закрытия по сигналу закрытого положения X3 снимается управляющий сигнал с клапана K1, после чего устройство вновь переходит в устойчивое состояние с закрытыми клапанами.