



Управление развитием  
крупномасштабных систем

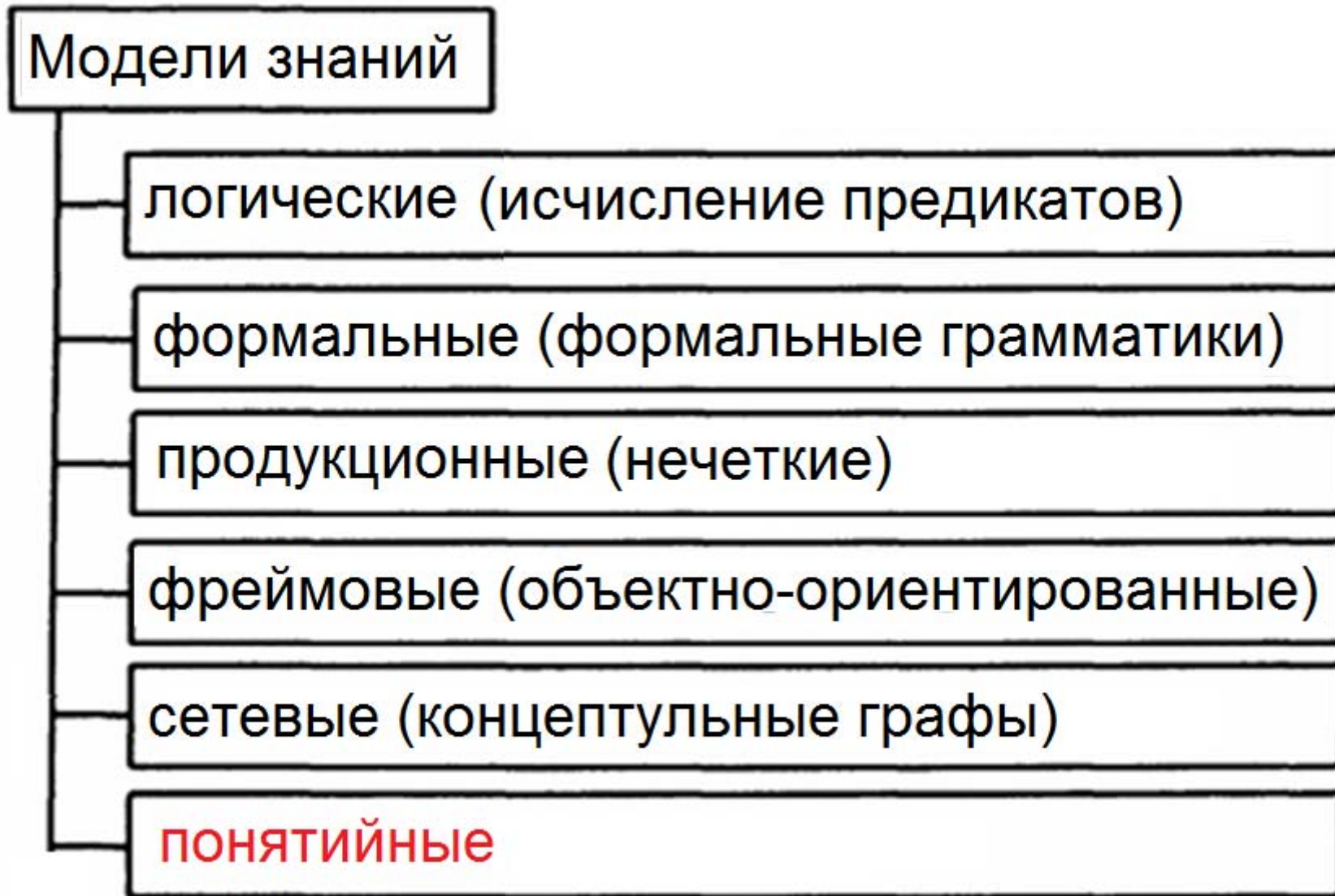
# Крупномасштабная информационная система

В.С. Выхованец

Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН



# Модели знаний





# Проблемы моделирования

- **логическая** модель – неразрешимость, сложность вывода;
- **продукционная** модель - необходимость использования эвристик при выводе;
- **фреймовая** модель - нет механизма управления выводом;
- **семантическая** сеть - проблема актуализации;
- **объектная** модель (диаграммы классов) – неформализованные ограничения и не раскрытая семантика методов;
- **ER-модель** (модель «сущность-связь») - ассоциация определена как единица смысла (связь) и не как полноценный концепт (таблица).



# Понятия

**Понятие** – форма мысли, выделяющая в реальности некоторую сущность и ее называющая:  
субъект **s**, предикат **p**, объект **o**, атрибут **a**.

**Суждение** – форма мысли, что-либо утверждающая:  
 $A \sim s p o a$ .

**Умозаключение** – умственное действие, связывающее суждения-посылки с суждениями-следствиями:  
 $A \& B \rightarrow A \vee B$ .

**Теория** – множество суждений-следствий, полученных из некоторого множества суждений-посылок (аксиом).

**Виды** понятий:

- элементарное (Зеленый);
- простое (Цвет);
- конкретное (Радуга);
- абстрактное (Зрение).



# Элементарное понятие



**Элементарное понятие** (понятие-знак, понятие-значения, понятие-представление) образуется при мысленном выделении в предметной области уникального представления (целостного образа) и присвоения ему имени (используется абстракция **отождествления**).

Такие понятия формируются для фиксации состояния чувств или элементарных абстрактных представлений.

**Примеры:** Зеленый, Много, Красиво, Всегда, Движение, Любовь.

**В информационных системах:** 'с', 12, 1.3e-12, 18.06.2019 15:45, "abc" (значения простых типов данных).



# Простое понятие



**Простое понятие** (понятие-признак, понятие-тип) образуется путем объединения элементарных понятий, сходных в некотором смысле (используется абстракция **типизации**).

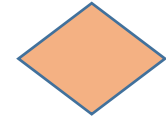
Таким понятиям присваивается уникальное имя и определяется допустимый диапазон значений, рассматриваемый как набор элементарных понятий.

**Примеры:** Цвет (Красный, Зеленый, ...),  
Целое число (1, 2, 3, ...).

**В информационных системах:** Символ,  
Целое, Число с плавающей запятой, Дата и время, Строка (простые типы данных).



# Конкретное понятие



**Конкретное понятие** (понятие-сущность) формируется путем мысленного отбора уникальных представлений в предметной области, состоящих из нескольких элементарных понятий (используется абстракция **агрегации**).

Такие понятия являются результатом выделения сущности, имеющей характеризующие ее атрибуты (элементарные понятия).

**Примеры:** Мяч (Красный, Маленький, Резина).

**В информационных системах:**

{‘с’, 12, 1.3e-12, 18.06.2019 15:45, "abc"}

(последовательность значений простых типов данных).



# Понятие-ассоциация



**Понятие-ассоциация** образуется путем *соединения* нескольких понятий, называемых понятиями-атрибутами (используется абстракция **ассоциации**).

Агрегация является частным случаем ассоциации, где не все комбинации сущностей атрибутов могут составлять реальную сущность понятия-ассоциации.

**Примеры:** Понятие Программа может состоять из таких понятий, как Разработчик (автор программы), Дата (дата создания программы), Назначение (область применения программы).

**В информационных системах:**  
массив структур, таблица базы данных.





# Понятие-обобщение



**Понятие-обобщение** образуются путем *объединения* нескольких понятий-атрибутов (используется абстракция **обобщения**).

Типизация является частным случаем обобщения, где объединяемые понятия элементарны.

**Примеры:** Понятие Фрукт является результатом объединения таких понятий, как Яблоко, Груша, Персик, Абрикос и др. и наследует общие черты всех обобщенных понятий: съедобность, наличие семян и т.д.

**В информационных системах:** массив базовых объектов, union-запрос к базе данных.



# Схема понятия

**Абстракция**  $K = \{c, t, a, g\}$  - понятие-признак, типизирующее понятия-знаки когнитивных функций абстрагирования:  $c$  - знак;  $t$  - признак;  $a$  - ассоциация;  $g$  – обобщение ( $\bar{\phantom{x}}$ ).

**Имя**  $N = \{N_i | i = \overline{1, n}\}$  - понятие-признак, типизирующее понятия-знаки предметной области (первичные неопределяемые понятия).

**Схема** понятия (набор абстрагируемых понятий):

понятия-знака  $H_i^c = (c, \{N_i \in N\});$

понятия-признака  $H_i^t = (t, \{N_j \in N | j = \overline{0, t_i}\});$

понятия-ассоциации  $H_i^a = (a, \{N_j \in N | j = \overline{0, a_i}\});$

понятия-обобщения  $H_i^g = (g, \{N_j \in N | j = \overline{0, g_i}\}).$



# Понятие понятия

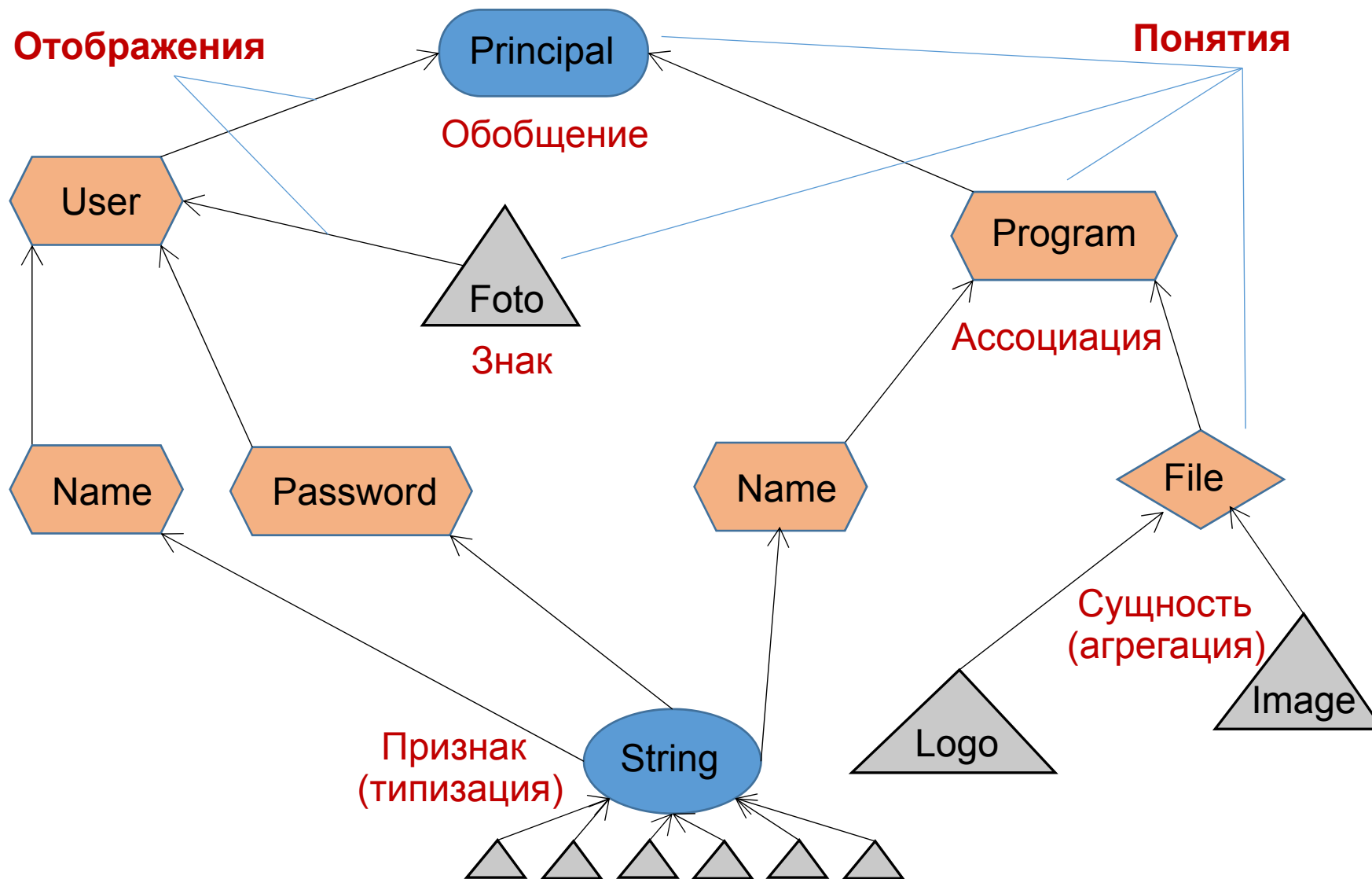
	_Entity	_Icon	_Title	Abstract	Aspect
	61000000061	63000000020	Понятия	64000000002	65000000000
	61000000062	63000000054	Цвета	64000000002	65000000000
	61000000063	63000000019	Пиктограммы	64000000002	65000000000
	61000000064	63000000021	Абстракции	64000000001	65000000000
	61000000065	63000000034	Аспекты	64000000001	65000000000

	Column Name	Data Type
	_Entity	bigint
	_Icon	bigint
	_Title	nvarchar(64)
	Abstract	bigint
	Aspect	bigint

			Атрибуты	64000000002	65000000000
			Пользователи	64000000002	65000000000
			Группы	64000000001	65000000000
			Принципалы	64000000003	65000000000
			Права	64000000002	65000000000
			Протокол	64000000002	65000000000
	61000000072	63000000059	Файлы	64000000002	65000000000
	61000000073	63000000119	Страны	64000000002	65000000001
	61000000074	63000000119	Округа	64000000002	65000000001
	61000000075	63000000120	Регионы	64000000002	65000000001
	61000000076	63000000121	Объекты	64000000002	65000000001



# Понятийная структура





# Отображения понятий

_Entity	_Icon	_Title	Notion	Attribute	Alias
66000000000	63000000000		61000000000	61000000000	
66000000001	63000000020	Понятие	61000000060	61000000061	Notion
66000000002	63000000020	Атрибут	61000000060	61000000061	Attribute
66000000003	63000000021	Абстракция	61000000061	61000000064	Abstract
			61000000061	61000000065	Aspect
			61000000061	61000000035	Name
			61000000062	61000000038	Model
		ма	61000000063	61000000035	Icon
			61000000063	61000000050	Picture
		я	61000000064	61000000035	Abstract
			61000000065	61000000035	Aspect
66000000011	63000000020	Понятие	61000000066	61000000061	Notion
66000000012	63000000020	Абстрагирование	61000000066	61000000061	Tag
66000000013	63000000036	Ключ	61000000066	61000000016	Key
66000000014	63000000051	Номер	61000000066	61000000018	Number
66000000015	63000000037	Алиас	61000000066	61000000035	Alias



# Понятийная модель

понятие-ассоциация

Пользователь	Группа	Подразделение
*****	Группа контроля	Департамент проектирования и технического консалтинга
*****	Группа инженеров	Отдел технического консалтинга
*****	Группа выпуска	Департамент сетевой интеграции
*****	Группа проектирования	Сметно-экономический отдел

понятие-обобщение

Группа	Пользователей
Группа администрирования	4/9
Группа дирекции	9/12
Группа менеджеров	6/14
Группа инженеров	16/28
Группа проектирования	72/145
Группа контроля	6/9
Группа выпуска	73/78
Группа надзора	143/157
Группа монтажа	37/37
Группа заказчика	1/6

понятие-признак

Наименование	Знак
Администрация	АДМ
Бухгалтерия	БУХ
Финансовая служба	ФС
Служба персонала	СП
Отдел маркетинга	ОМ
Служба информационных технологий	СИТ
Юридический департамент	ЮС
Сметно-экономический отдел	СЭО
Отдел рекламы и внешних связей	ОР
Отдел поддержки	ОБП
Отдел охраны труда и техники безопасности	ООТ

← ПОНЯТИЕ-ЗНАК



# Операции над понятиями

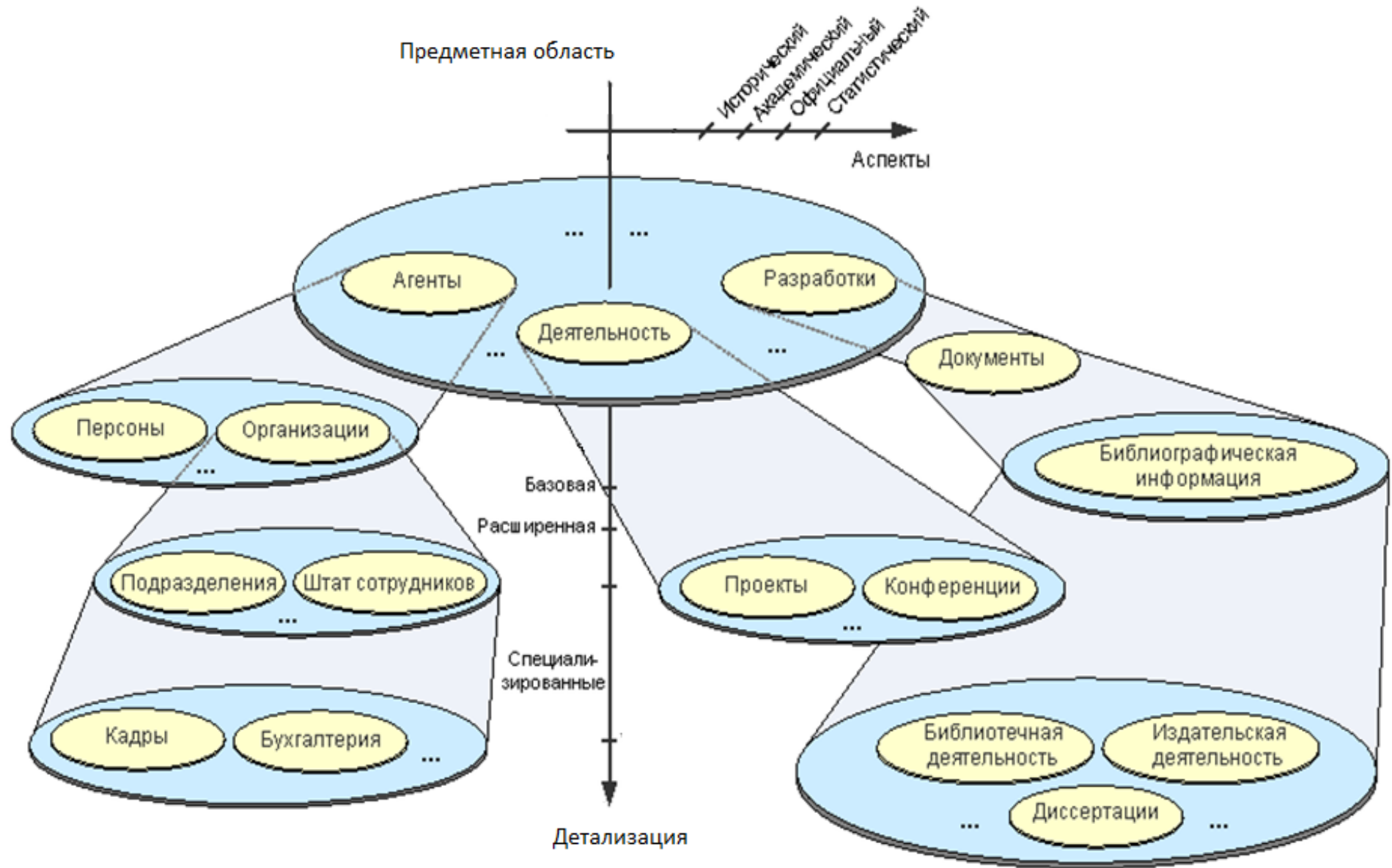
Создание сущности  
Удаление сущности  
Изменение сущности

Документ	Редакция	Дата	Витрина
Основной комплект рабочих чертежей	1	2010-06-07 14:18:22	
Основной комплект рабочих чертежей	2	2013-04-04 11:32:22	
Основной комплект рабочих чертежей	3	2014-04-23 09:12:28	

- 27 - Омские отделения
- 28 - Корпоративный
- 31 - ЖК
- 35 - ЦОД
- 36 - II очередь
- 38 - Центр
- 40 - ВИ
- 41 - Пристройка



# Понятийный анализ







# Представление знаний

**Факты** - истинные предложения с логическими связями и ( $\wedge$ ), или ( $\vee$ ), не ( $\neg$ ) и с двумя типами предикатов:

- одноместный предикат принадлежности понятия  $E$  понятию  $N$ ,  $N(E)$ ;
- отношения вида  $N[E] \circ V$ , где  $N[E]$  - функтор, возвращающий понятие атрибута  $N$  понятия  $E$ , а  $\circ$  - знак отношения ( $=, <, >, \dots$ ), некоторое понятие  $V$ .

## Отношение равенства

$$E_1 = E_2 \leftrightarrow \forall N_i \in H_1 (\exists N_j \in H_2 \wedge N_i[E_1] = N_j[E_2])$$

## Принадлежность понятию

$$N(E) \leftrightarrow \exists E' \forall N_i \in H (N_i[E] = N_j[E'])$$



# Правила вывода

$$N_j^a(E) \rightarrow \bigwedge_{\forall N_i \in H_j^a} N_i[E] \qquad N_j^g(E) \leftrightarrow \bigvee_{\forall N_i \in H_j^g} N_i(E)$$

**Пример.** Пусть понятийная модель содержит понятия Стажер, Сотрудник, Должность, Подразделение, Работник (обобщение понятий Стажер и Сотрудник) и Вакансия (ассоциация понятий Подразделение, Должность и Работник).

Тогда в штатно-должностном мире имеют место:

- факты вида « $E$  есть Стажер (Сотрудник, Должность, Подразделение, Работник, Вакансия)»;
- правило вывода «Если  $E = (A, B, C)$  – Вакансия, то  $A$  – Подразделение и  $B$  – Должность и  $C$  – Работник»;
- правило вывода « $E$  – Работник тогда и только тогда, когда  $E$  – Стажер или  $E$  – Сотрудник».



# Язык запросов

Проводник | \3\7\0 | Шаблон поиска

Справка  
Личный кабинет  
Инженерные системы и сервис  
Пользователи  
Заказчики  
Подрядчики  
Поставщики  
Проекты  
Витрины  
Заявки на работы

Заявка 1729  
Заявка 1723  
Заявка 1703  
Заявка 1678  
Заявка 1615  
Заявка 1567  
Заявка 1534  
Заявка 1508  
Заявка 1487  
Заявка 1483  
Заявка 1482  
Заявка 1470  
Далее ...  
Заявка 1757  
Заявка 1756

Иконка	Поле	Значение
#	Номер заявки	=
📅	Дата заявки	≥ 12.11.2014
👤	Автор заявки	=
< >	Код проекта	=
🏗️	Код элемента плана	=
🏢	Подразделение	=
👷	Вид работ	=
📁	Содержание работы	≠ Монтаж
📅	Срок исполнения	=
💰	Стоимость	< 1000
⌚	Принята в работу	=
👤	Исполнитель	= Иванов
👥	Соисполнители	=
⚠️	Отметка о выполнении	=
🔒	Заявка закрыта	=
📊	Оценка работы	=



# Обучение модели

**Обучение с учителем.** Создание, изменение и удаление понятий непосредственно пользователем, добавление новых сущностей или изменение (удаление) существующих.

**Обучение с подкреплением.** Автоматический ввод данных от разного рода датчиков, распознавание уже имеющихся сущностей или добавление вновь найденных.

**Обучение без учителя.** Автоматический ввод и распознавание описаний внешних сущностей, пополнение экстенсионалов понятий, если распознанные сущности не обнаружены, создание новых понятий и наполнение их предметным содержанием (анализ формальных понятий совместно с уже имеющейся понятийной структурой).



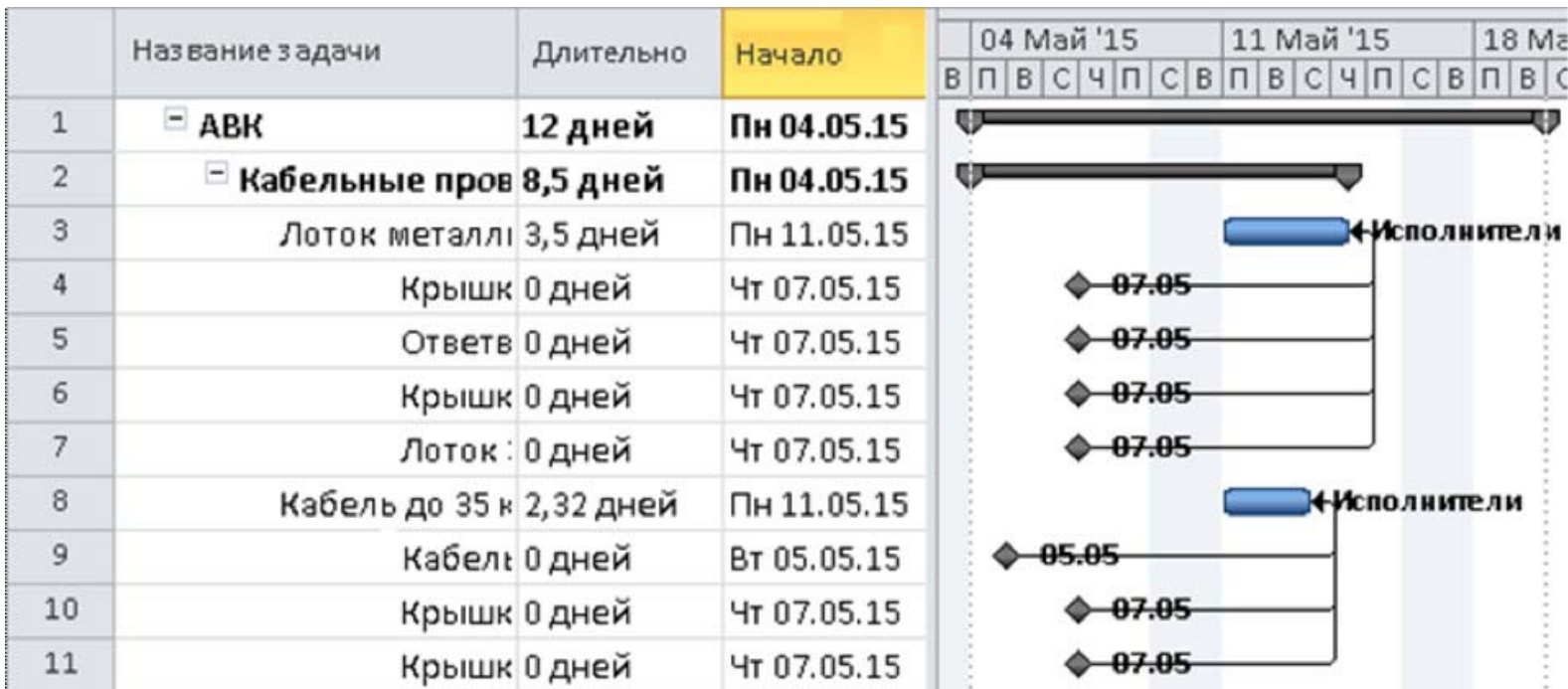
# Свойства понятийных моделей

- **интерпретируемость** внутренняя (каждое понятие имеет код, имя и образ);
- **структурированность** (вложенность одних понятий в другие без циклов);
- **связность** (определение понятий на основе отображений одних понятий в другие);
- **метрика** семантическая (глубина вложенности понятий);
- **активность** (механизм событий информационной системы);



# Репрезентация знаний

План	Задачи	Ресурсы		
Задача	Наименование	Начало	Окончание	...
2	Блок управления шкафного исполнения или р...	13.05.2015	13.05.2015	
6	Лоток металлический штампованный по устан...	22.05.2015	22.05.2015	
3	Кабель до 35 кВ по установленным конструкц...	13.05.2015	15.05.2015	
4	Профиль перфорированный монтажный длино...	04.05.2015	04.05.2015	
8	Полка кабельная, устанавливаемая на стойка...	06.05.2015	06.05.2015	
7	Стойка сборных кабельных конструкций (без ...	11.05.2015	11.05.2015	





# Заключение

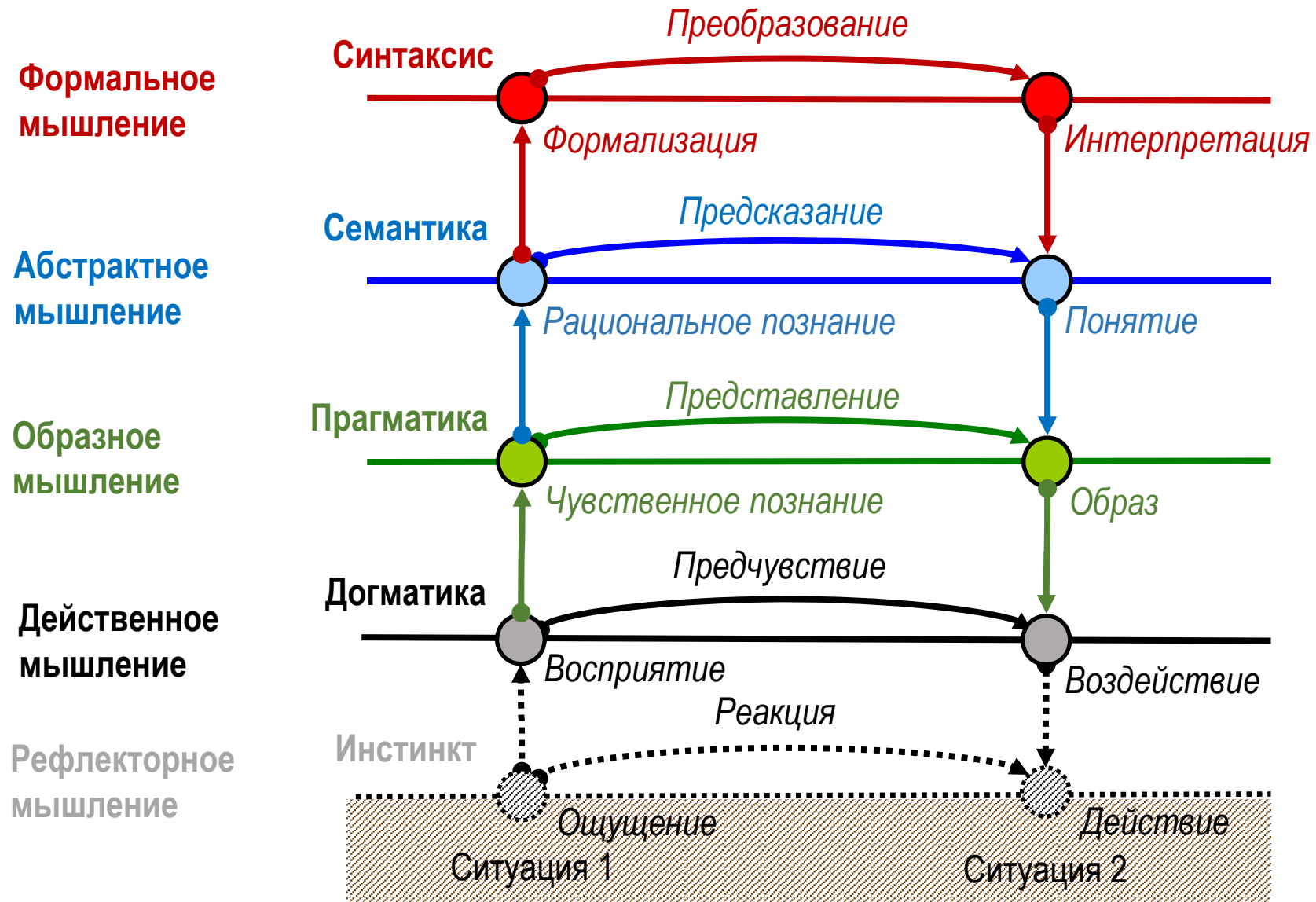
Модель названа **понятийной** для отличия от концептуальных моделей, где между понятиями задаются различного рода семантические связи.

В понятийной модели связи между понятиями являются понятиями, что делает модель семантически **инвариантной**.

Информационная система с понятийной моделью является **интеллектуальной**, так как содержит базу знаний (факты предметной области и правила вывода), позволяет выполнять запросы к этой базе знаний, является обучаемой.



# Моделирование



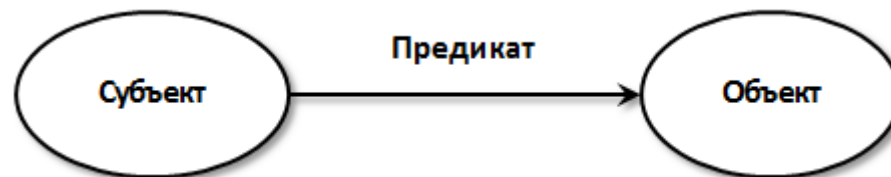




# Знание

**Знание** — результат познавательной деятельности, который может быть логически или фактически обоснован и допускает эмпирическую или практическую проверку на достоверность.

**Знание** — проверенный на практике результат отражения объективной действительности, представленный в сознании субъекта в виде понятий и суждений, утвержденных некоторой последовательностью умозаключений.





# Исчисление предикатов

## Законы логики:

закон тождества

$$a \rightarrow a \leftrightarrow$$

$$(a \rightarrow (b \rightarrow c)) \rightarrow ((a \rightarrow b) \rightarrow (a \rightarrow c))$$

закон противоречия

$$\neg(a \wedge \neg a) \leftrightarrow$$

$$(a \rightarrow b) \rightarrow (\neg a \rightarrow \neg b)$$

закон исключенного третьего

$$\neg a \vee a \leftrightarrow$$

$$a \rightarrow (b \rightarrow a)$$

закон достаточного основания

$$a \wedge b \leftrightarrow$$

$$a \wedge (a \rightarrow b)$$

## Пример

$$\exists x S(x), \exists x P(x), \exists x M(x),$$

$$\exists x \neg S(x), \exists x \neg P(x), \exists x \neg M(x),$$

$$\forall x (M(x) \rightarrow \neg P(x)),$$

$$\forall x (S(x) \rightarrow M(x)),$$

$$\exists x \forall y (S(x) \rightarrow \neg P(y)).$$

## Алфавит:

высказываний  $A = \{a, b, \dots, z, aa, \dots\}$ ,

операций  $B = \{\neg, \rightarrow, (, ), \forall, \exists\}$ .

## Синтаксис:

$a, \varphi \in A, (\varphi), \neg\varphi, \varphi \rightarrow \varphi, \forall a(\varphi), \exists a(\varphi)$ .

## Аксиомы высказываний:

$$(\varphi \rightarrow (\psi \rightarrow \gamma)) \rightarrow ((\varphi \rightarrow \psi) \rightarrow (\varphi \rightarrow \gamma)),$$

$$(\varphi \rightarrow \psi) \rightarrow (\neg\varphi \rightarrow \neg\psi),$$

$$\varphi \rightarrow (\psi \rightarrow \varphi).$$

## Аксиомы предикатов:

$$\varphi(a) \rightarrow \exists b(\varphi(b)),$$

$$\forall a(\varphi(a)) \rightarrow \varphi(b).$$

## Правила вывода:

подстановки  $\varphi(\psi) \sim \varphi(\gamma)$ ,

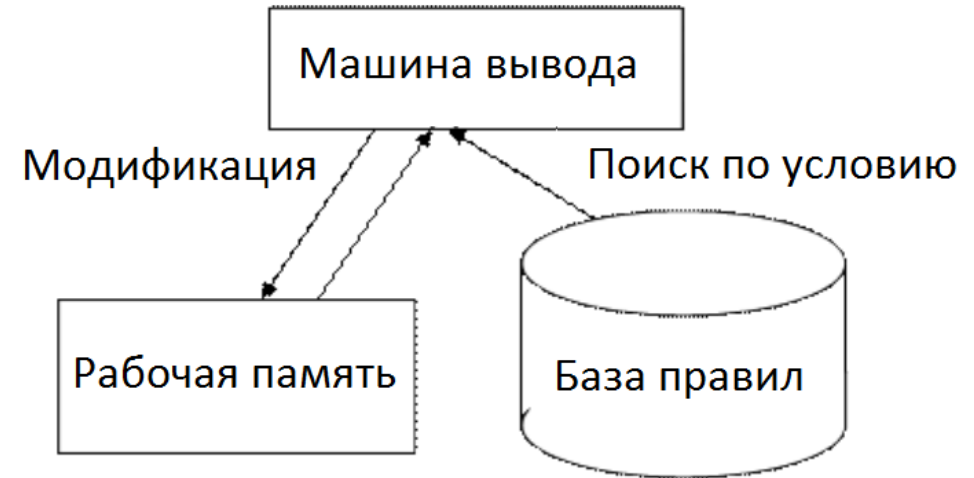
заклучения  $\varphi, \varphi \rightarrow \psi \sim \psi$ .

**Полнота, непротиворечивость,  
(не)разрешимость**



# Продукционная модель

$P = \langle S, A \rightarrow B, Q \rangle$ ,  
S - предусловие;  
 $A \rightarrow B$  - ядро продукции;  
Q - постусловие.



**Прямой вывод:** от фактов к заключению.

**Обратный вывод:** от заключения к фактам.

## Пример

P1. Если (отдых летом) И (человек активный) ТО (ехать в горы)

P2. Если (любит солнце) ТО (отдых летом)

Факты: (человек активный) и (любит солнце).

## Необходимость использования эвристик при выводе



# Фреймовая модель

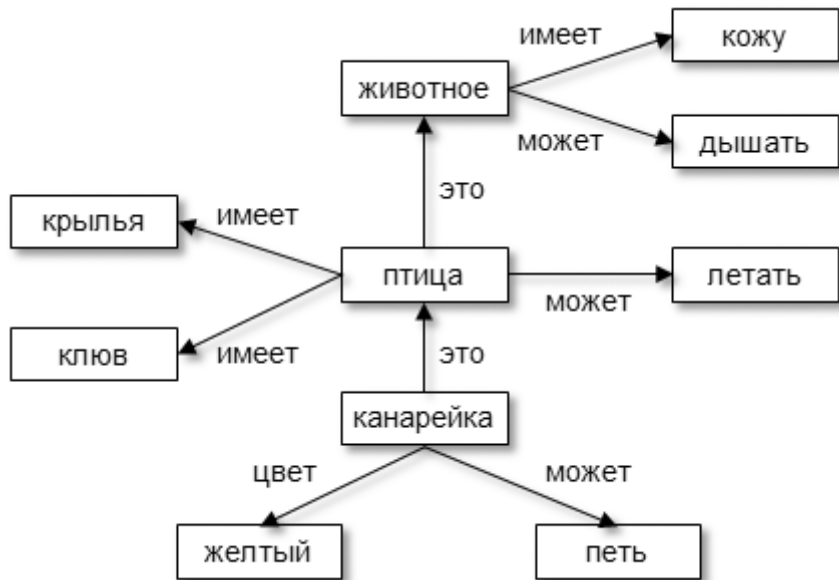
РУКОВОДИТЕЛЬ		Протофрейм, экзофрейм
Имя слота	Значение слота	Тип значения слота
Имя	Иванов И. И.	Строка символов
Рожден	01.01.1965	Дата
Возраст	age(Рожден)	Процедура
Специальность	Юрист	Строка символов
Отдел	Отдел кадров	Строка символов
Зарплата	80000	Число
Адрес	ДОМ_АДРЕС	Фрейм

**Нет механизма управления выводом**

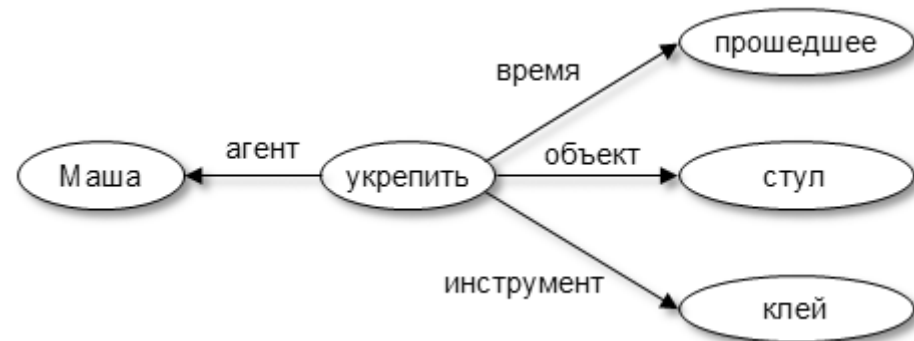


# Семантическая сеть

## «Канарейка»



## «Маша укрепила стул клеем»

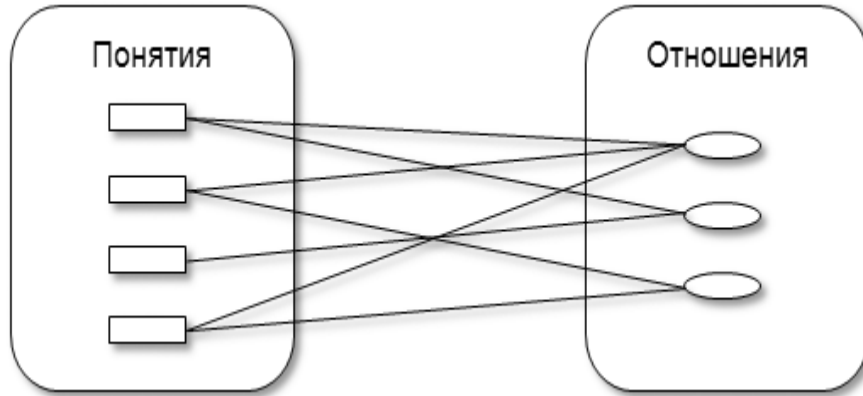


«Общие знания» ⊕ «Отдельные предложения»

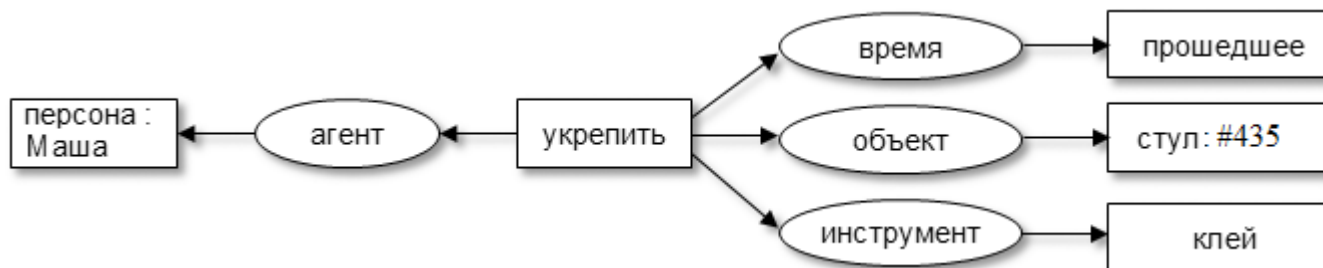
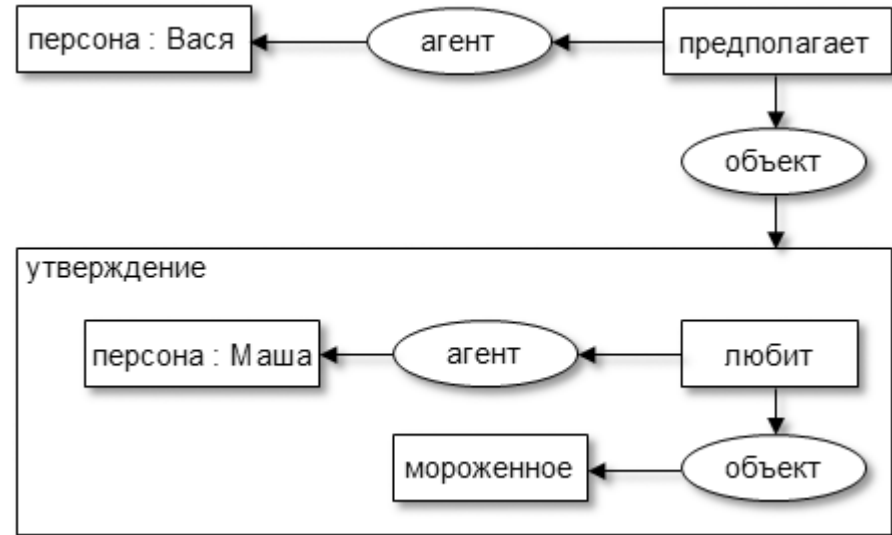
Проблема актуализации



# Концептуальные графы



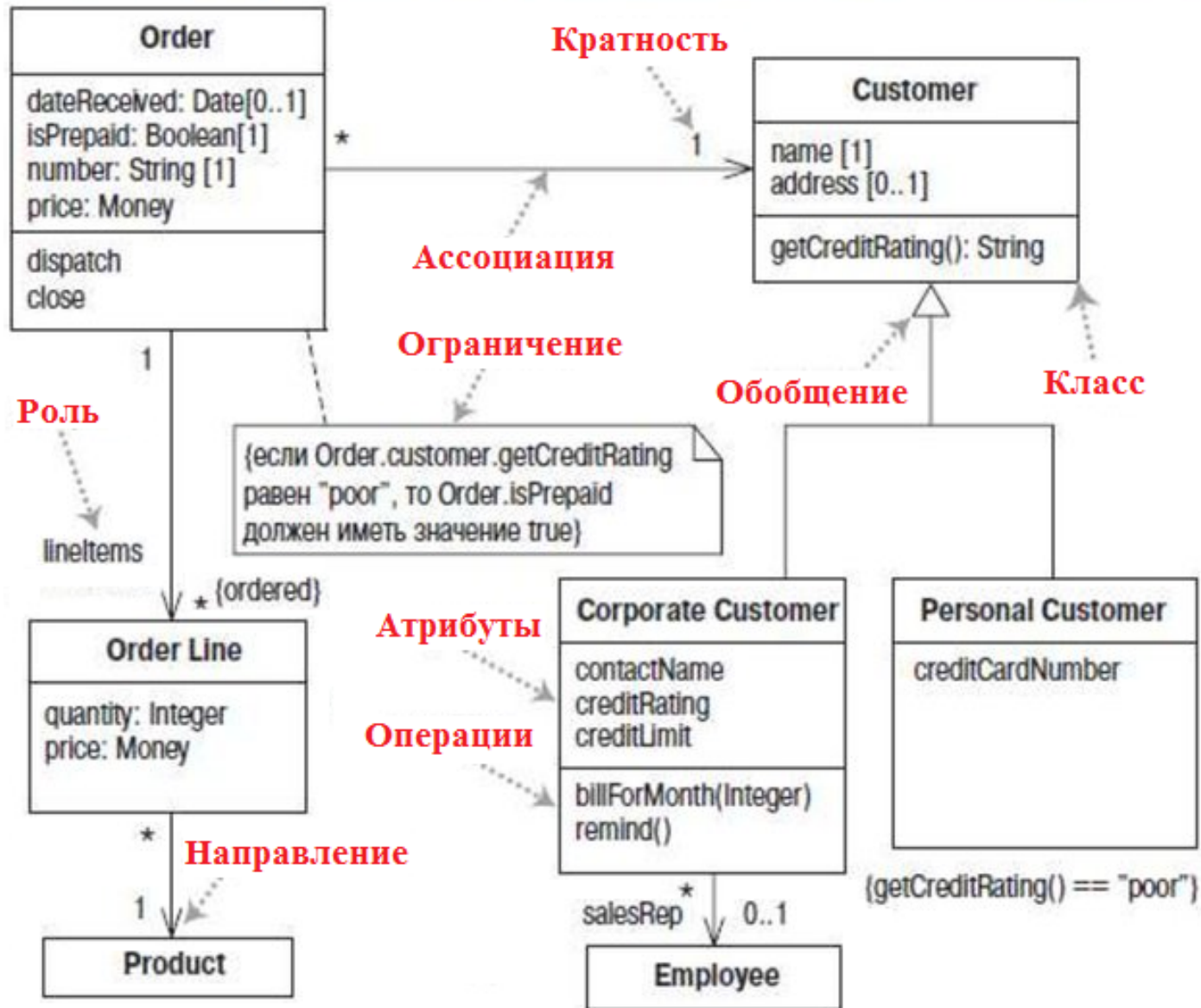
Двудольный граф



**«Общие знания» ∨ «Отдельные предложения»**



# Объектная модель





# Модель «сущность-связь»

