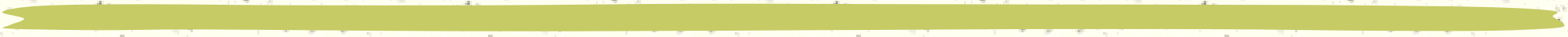


CASC'2007

ИСЧИСЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ



Выхованец В.С.

Институт проблем управления РАН

valery@vykhovanets.ru

● План доклада

- # Проблематика
- # Известные формализмы
- # Суть подхода
- # Понятия и их абстракции
- # Формальная теория
- # Полнота и непротиворечивость
- # Заключение

● Проблематика

- # Потенциальная противоречивость
- # Синтаксическая неполнота
- # Семантическая неоднозначность
- # Прагматическая ограниченность
- # Когнитивная несостоятельность
- # Низкий уровень представления
- # Трудоемкость обработки знаний

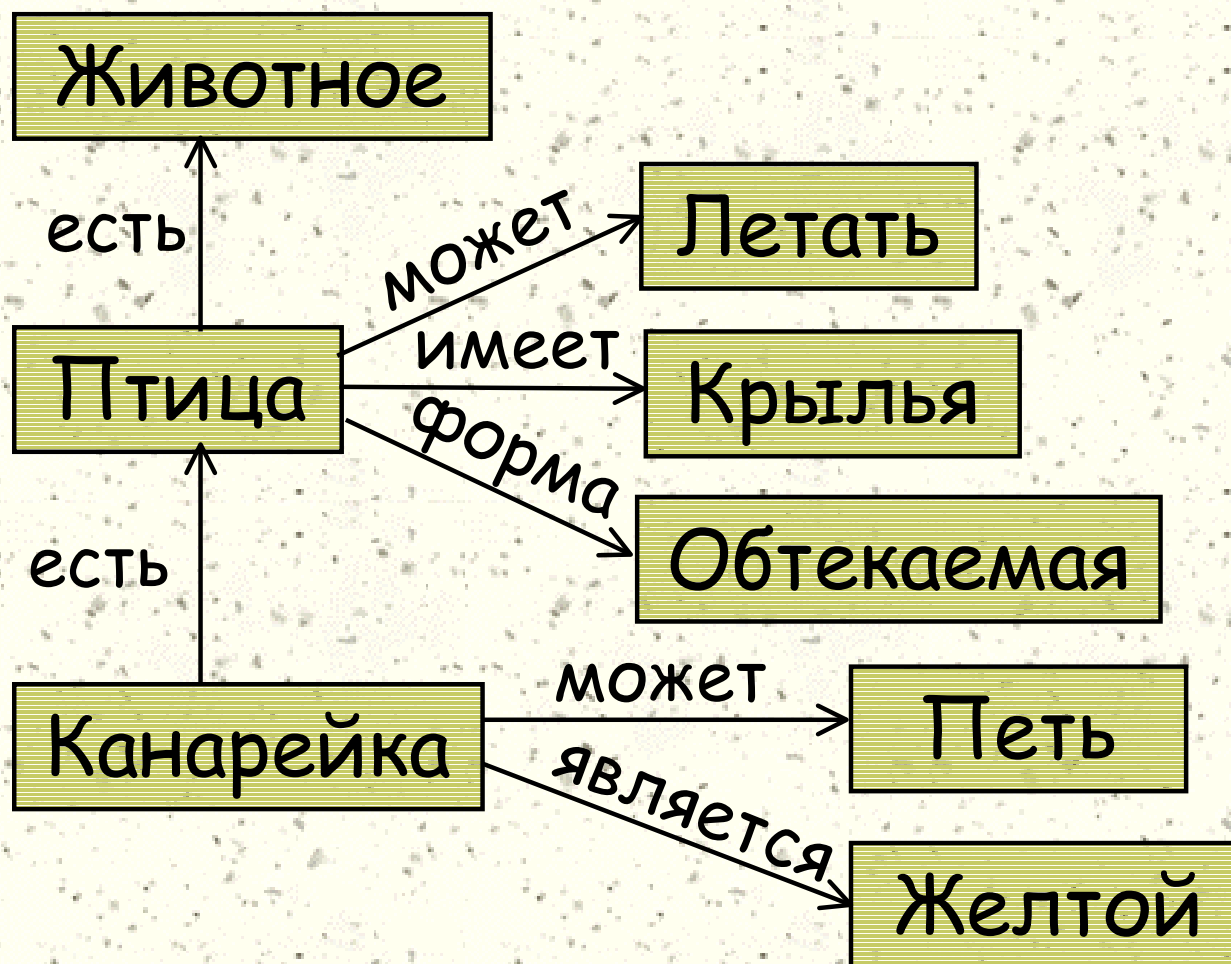
● Известные формализмы

- # Семантические сети
- # Концептуальная зависимость
- # Концептуальные графы
- # Анализ формальных понятий
- # Модель «сущность-связь»
- # Объектный анализ

● Понятийная структура

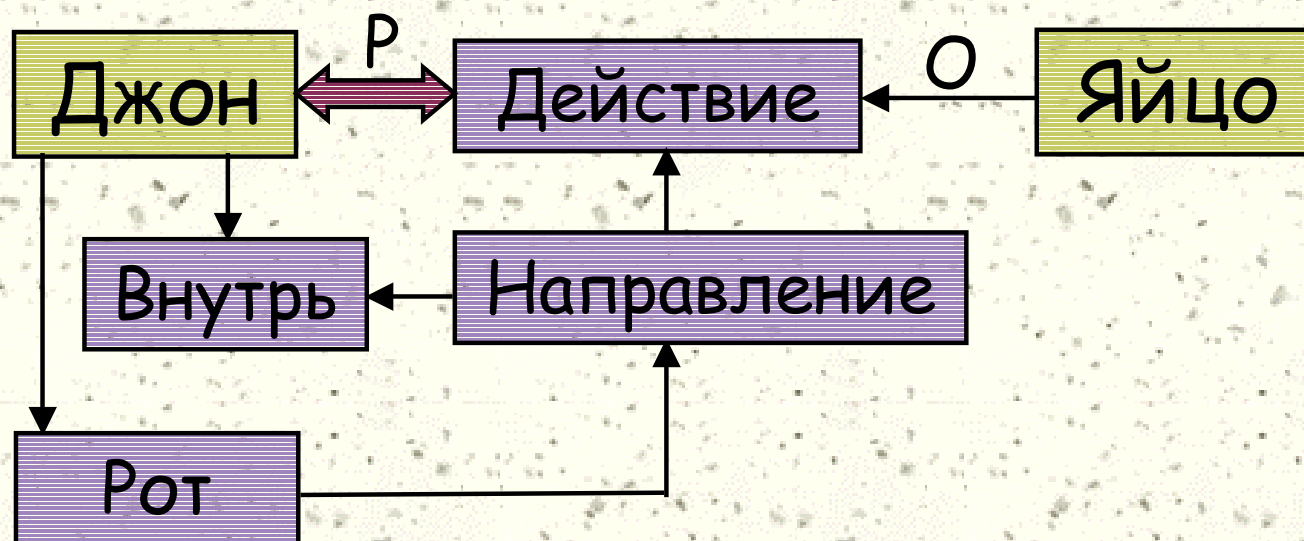
Семантические сети

(Collins & Quillian, 1969)



Концептуальная зависимость

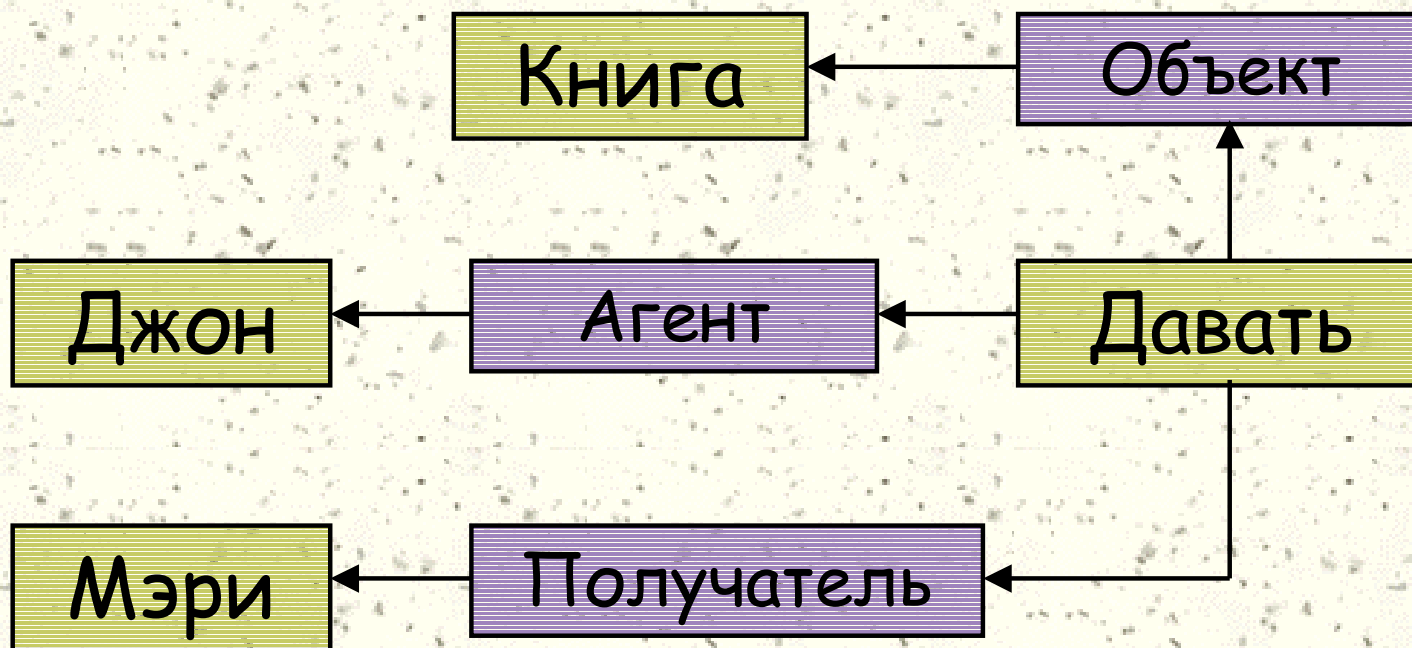
(Shank & Rieger, 1974)



«Джон съел яйцо»

Концептуальные графы






(Sowa, 1984)

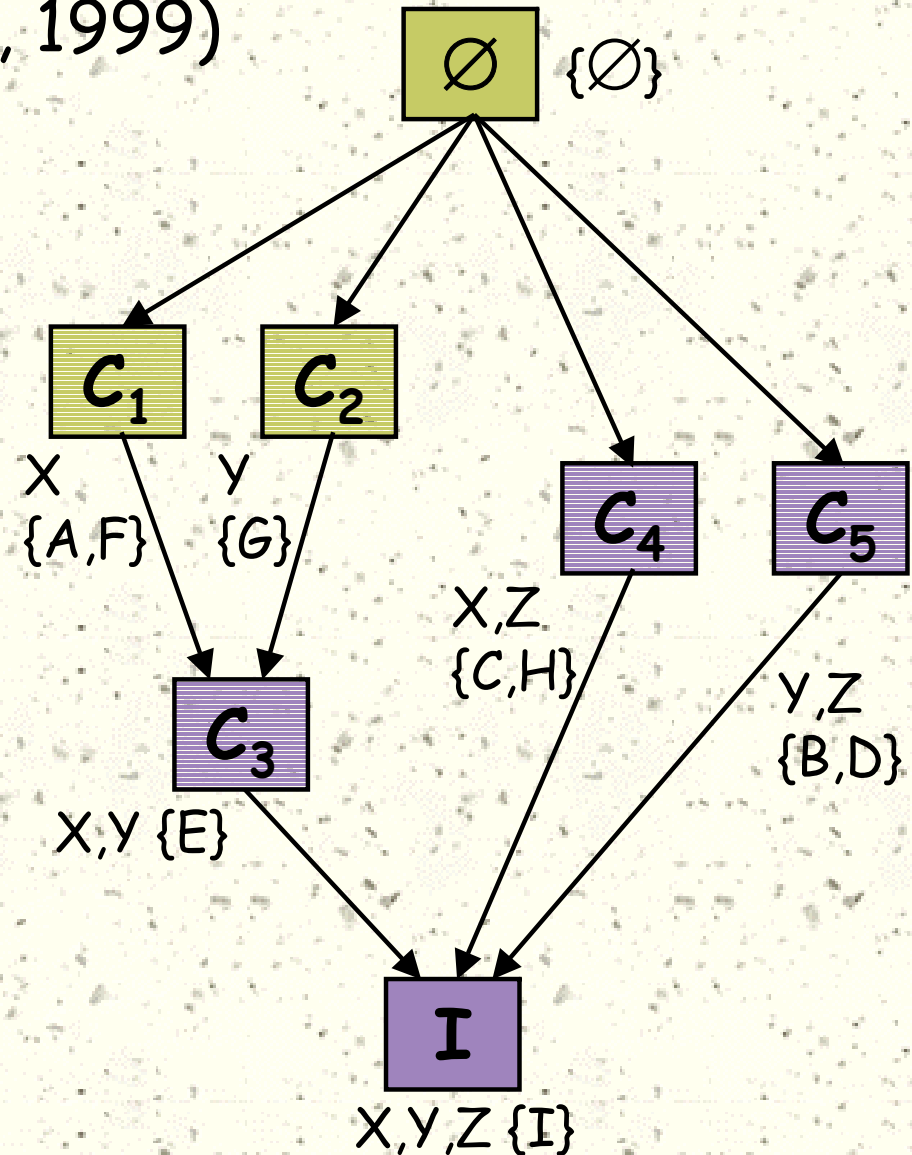


«Джон дал Мэри книгу»

Анализ формальных понятий

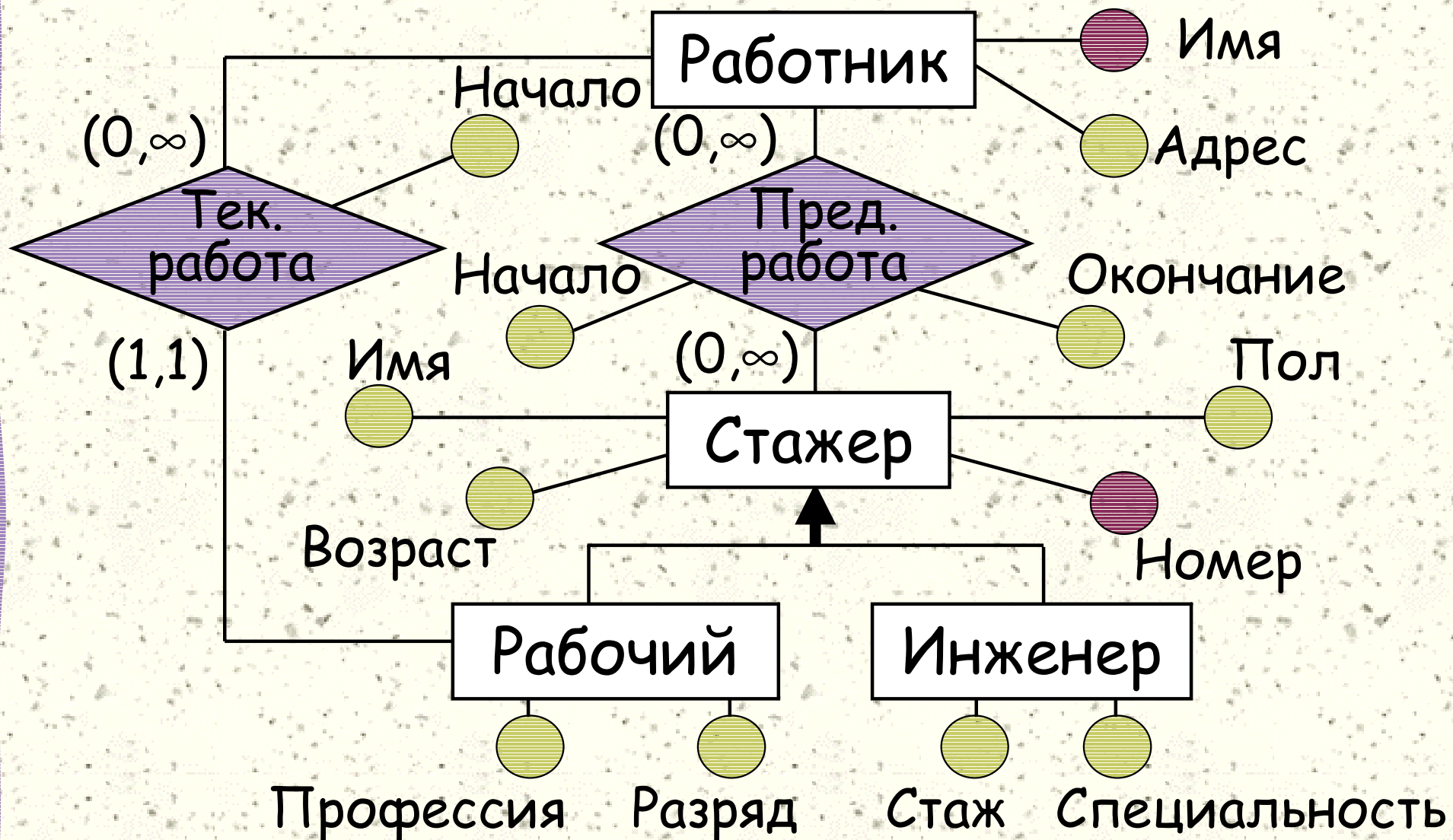
(Ganter & Wille, 1999)

Контекст	X	Y	Z
\emptyset			
A	0		
B		Ker	
C	1		
D		Vhe	
E	3	Ghp	
F	2		
G		DDe	
H	1		
I	5	Ker	



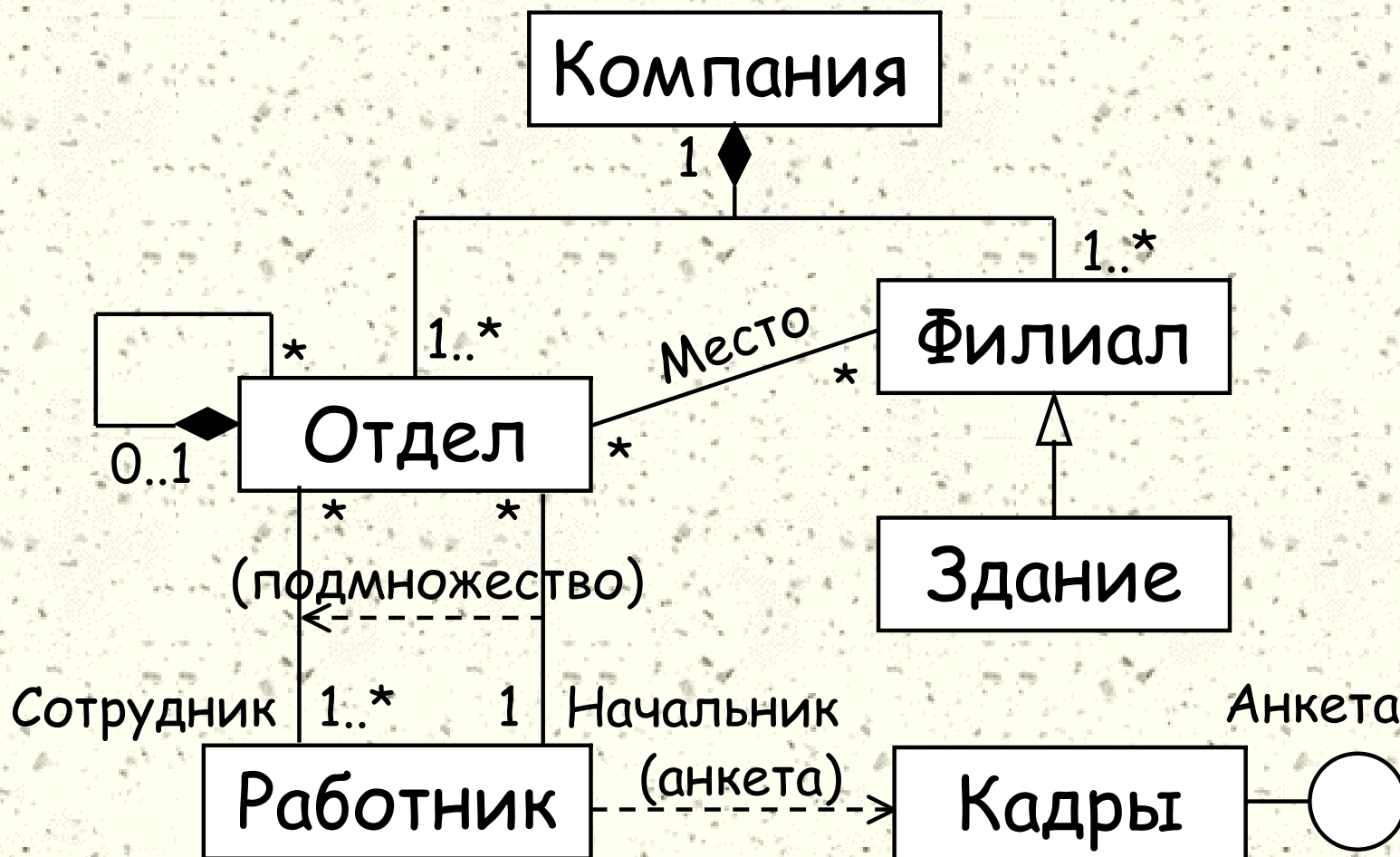
Модель «сущность-связь»

(Brodie & Mylopoulos & Schmidt, 1984)



Объектный анализ

(Booch, 1995)



Суть подхода

- # **Минимальность.** Выделить формализм, минимально достаточный для когнитивной репрезентации понятий и их связей.
- # **Инвариантность.** Отказаться от семантической разметки связей между понятиями, несущих семантическую нагрузку из предметной области.
- # **Полнота и непротиворечивость.** Разработать формальную теорию, обладающую свойством полноты и непротиворечивости.



Понятие

Понятие

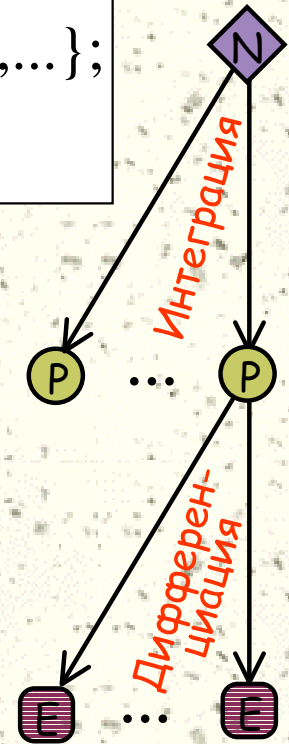
$$N = \begin{cases} \text{shm } N = (P^0, P^1, \dots, P^{n-1}); \\ \text{int } N = \{(P_j^0, P_j^1, \dots, P_j^{n-1}) \mid j = 0, 1, \dots\}; \\ \text{ext } N = \{N_0, N_1, \dots, N_{m-1}\}. \end{cases}$$

Признак

$$P = \begin{cases} \text{shm } P = (P); \\ \text{int } P = \{(P_0), (P_1), \dots, (P_{u-1})\}; \\ \text{ext } P = \{E_0, E_1, \dots, E_{u-1}\}. \end{cases}$$

Сущность

$$E = \begin{cases} \text{shm } E = (E); \\ \text{int } E = \{(E)\}; \\ \text{ext } E = \{E\}. \end{cases}$$



Абстракции

Обобщение ← 3

Агрегация

$$\begin{cases} \text{shm } N_G = \prod_{j=0}^{m-1} \text{shm } N_j; \\ \text{int } N_G \supseteq \bigcup_{j=0}^{m-1} \text{int } N_j; \\ \text{ext } N_G \supseteq \bigcup_{j=0}^{m-1} \text{ext } N_j; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{shm } N_C = \coprod_{j=0}^{m-1} \text{shm } N_j; \\ \text{int } N_C = \times_{j=0}^{m-1} \text{int } N_j; \\ \text{ext } N_C = \times_{j=0}^{m-1} \text{ext } N_j; \end{cases}$$

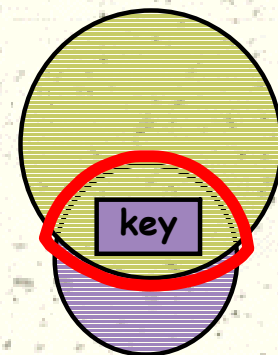
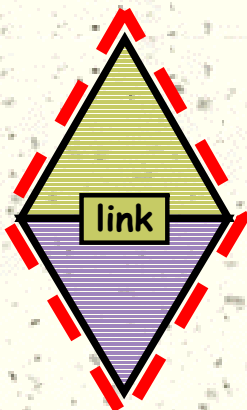
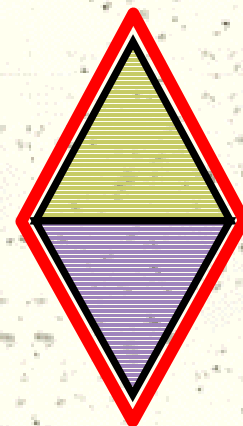
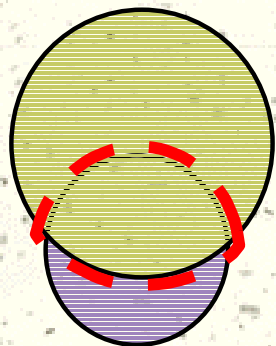
$$\begin{cases} \text{shm } N_A = \coprod_{j=0}^{m-1} \text{shm } N_j, \\ \text{int } N_A \subseteq \times_{j=0}^{m-1} \text{int } N_j, \\ \text{ext } N_A \subseteq \times_{j=0}^{m-1} \text{ext } N_j; \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{shm } N_T = \prod_{j=0}^{m-1} \text{shm } N_j; \\ \text{int } N_T = \bigcup_{j=0}^{m-1} \text{int } N_j; \\ \text{ext } N_T = \bigcup_{j=0}^{m-1} \text{ext } N_j; \end{cases}$$

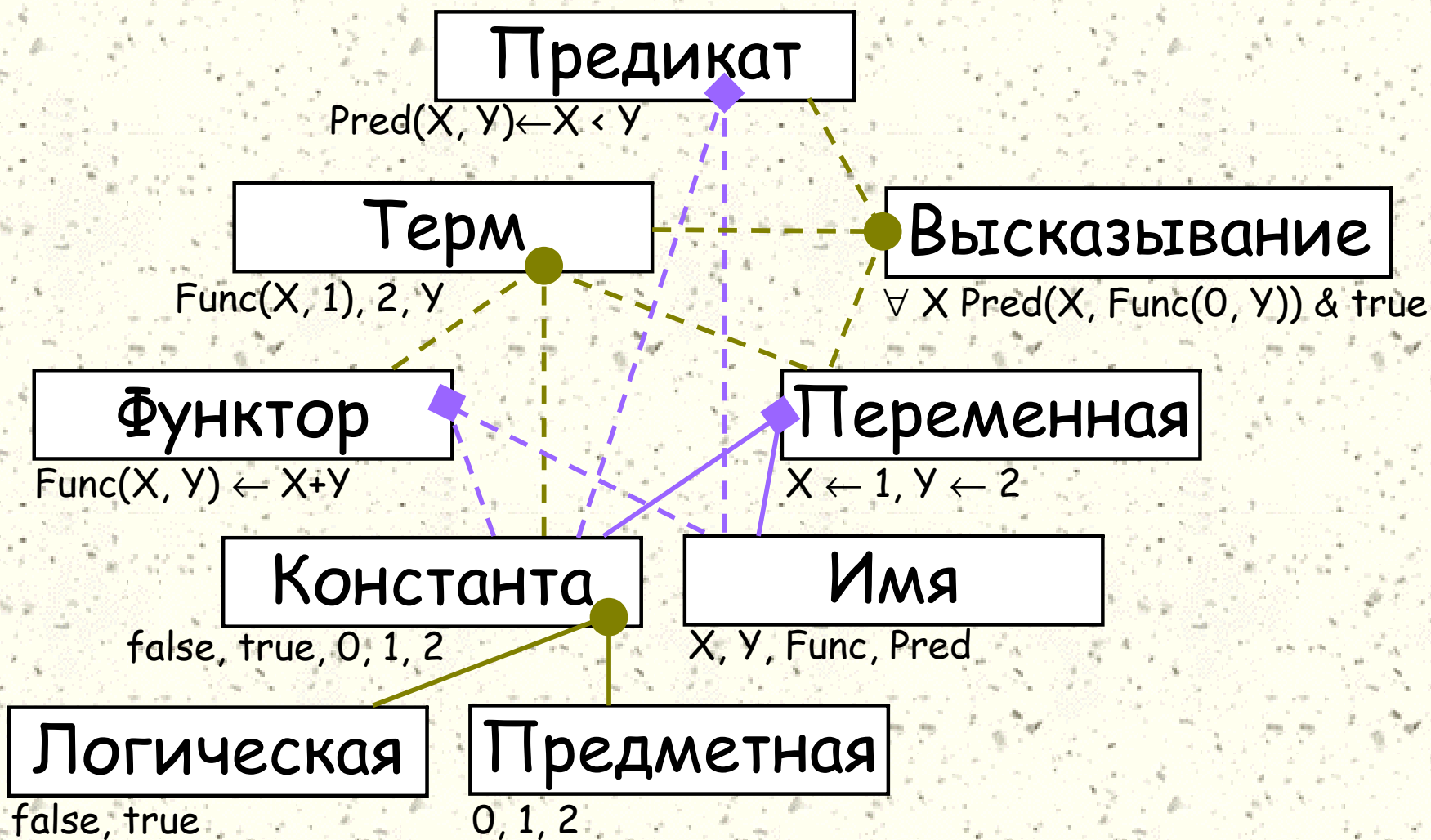
4
Ассоциация

2

1 → Типизация

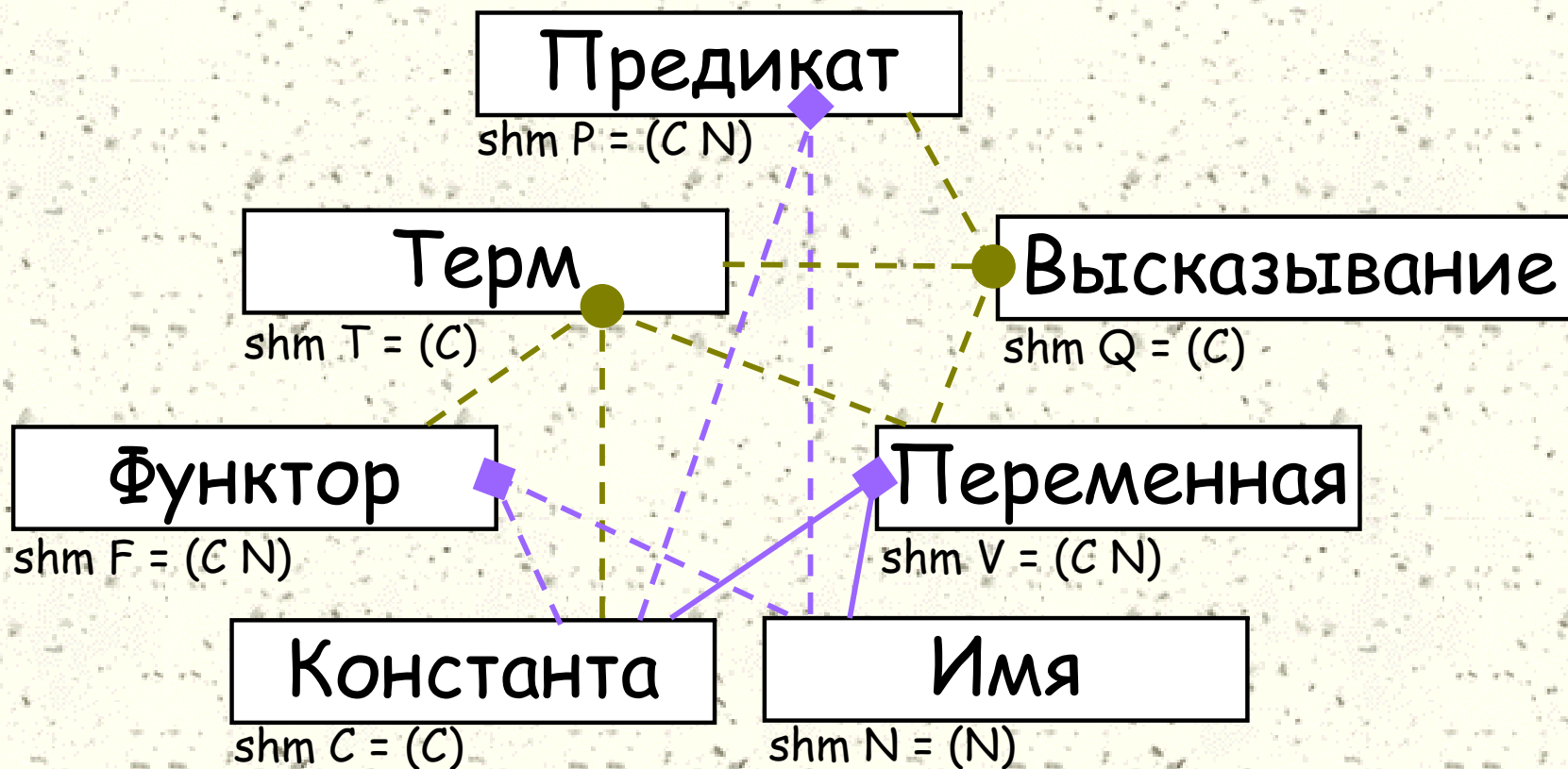


Понятийная структура



● — Типизация ◆ — Агрегация ● — Обобщение ◆ — Ассоциация

Схемы понятий



● Типизация ◆ Агрегация ● Обобщение ◆ Ассоциация

Формальная теория

Алфавит:

- понятия N, N_1, N_2, \dots ;
- операции \neg, Π, Σ ;
- отношения \supset, \supseteq ;
- пунктуация $(,), -$.

Аксиоматика:

- существование пустого понятия.

Правила вывода:

- простых понятий (Π);
- абстрактных понятий (O, A);
- сложных понятий (C).

Правила вывода

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

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

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

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

Пример вывода

Константа

$$\frac{()() \quad \neg^C \quad ()C()}{() \quad \Pi \quad (C)}$$

Имя

$$\frac{()() \quad \neg^N \quad ()N()}{() \quad \Pi \quad (N)}$$

Переменная

$$\frac{()C() \quad ()N() \quad \neg^V \quad ()V(C N)}{(C) \quad (N) \quad \mathbf{A} \quad (C N)}$$

Функтор

$$\frac{()C() \quad ()N() \quad \neg^F \quad ()F(C N)}{(C) \quad (N) \quad \mathbf{A} \quad (C N)}$$

Предикат

$$\frac{()C() \quad ()N() \quad \neg^P \quad ()P(C N)}{(C) \quad (N) \quad \mathbf{A} \quad (C N)}$$

Терм

$$\frac{()F() \quad ()V() \quad ()C() \quad \neg^T \quad (F V C)T()}{(C N) \quad (C N) \quad (C) \quad \mathbf{O} \quad (C)}$$

Высказывание

$$\frac{()P() \quad ()V() \quad ()T() \quad \neg^Q \quad (P V T)Q()}{(C N) \quad (C N) \quad (C) \quad \mathbf{O} \quad (C)}$$

● Непротиворечивость

Определение. Понятийная структура противоречива, если существует сущность, описанная как принадлежащая, так и как не принадлежащая одному и тому же понятию.

Утверждение 1. Исчисление понятий непротиворечиво.

● Полнота

Определение. Исчисление понятий синтаксически полно, если для всех выводимых формул существует область интерпретации.

Определение. Исчисление понятий семантически полно, если для любой области интерпретации существует вывод соответствующей формулы.

Утверждение 2. Исчислений понятий синтаксически и семантически полно.

○ Заключение

- # Фрактальность понятия (понятия и отображения)
- # Четыре универсальные формы абстрагирования понятий
- # Семантическая инвариантность теории во всех «мыслимых» мирах
- # Непротиворечивость, синтаксическая и семантическая полнота
 - Формальная теория для когнитивной репрезентации знаний экспертов