

# Теоретико-модельные методы извлечения и порождения знаний для построения онтологических моделей

**Д.Е.Пальчунов**

# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- Онтологическая модель мобильной связи
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил

# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- Онтологическая модель мобильной связи
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил

# Уровни представления знаний

- Знания верхнего уровня общности:
  - Состояние здоровья, болезни, синдромы, ...
  - Экономические прогнозы, ожидание стабильности или нестабильности, валютных кризисов и т.д.
  
- Знания нижнего уровня общности:
  - Симптомы, результаты анализов, ...
  - Конкретные данные о курсах валют, ценах на нефть, ...

# Цены на нефть

## Нефть и драгметаллы

Нефть марки Brent	55.8500	-0.8400	02.10
Aluminium	2102.0000	-4.0000	29.09
Copper	6481.0000	-20.0000	29.09

Gold	1279.7200	0.00	01.10
Nickel	10500.0000	-20.0000	29.09
Palladium	934.5000	+0.4000	29.09

Platinum	909.5000	-0.5000	29.09
Silver	16.6200	0.00	01.10
Zinc	3162.0000	+1.0000	29.09

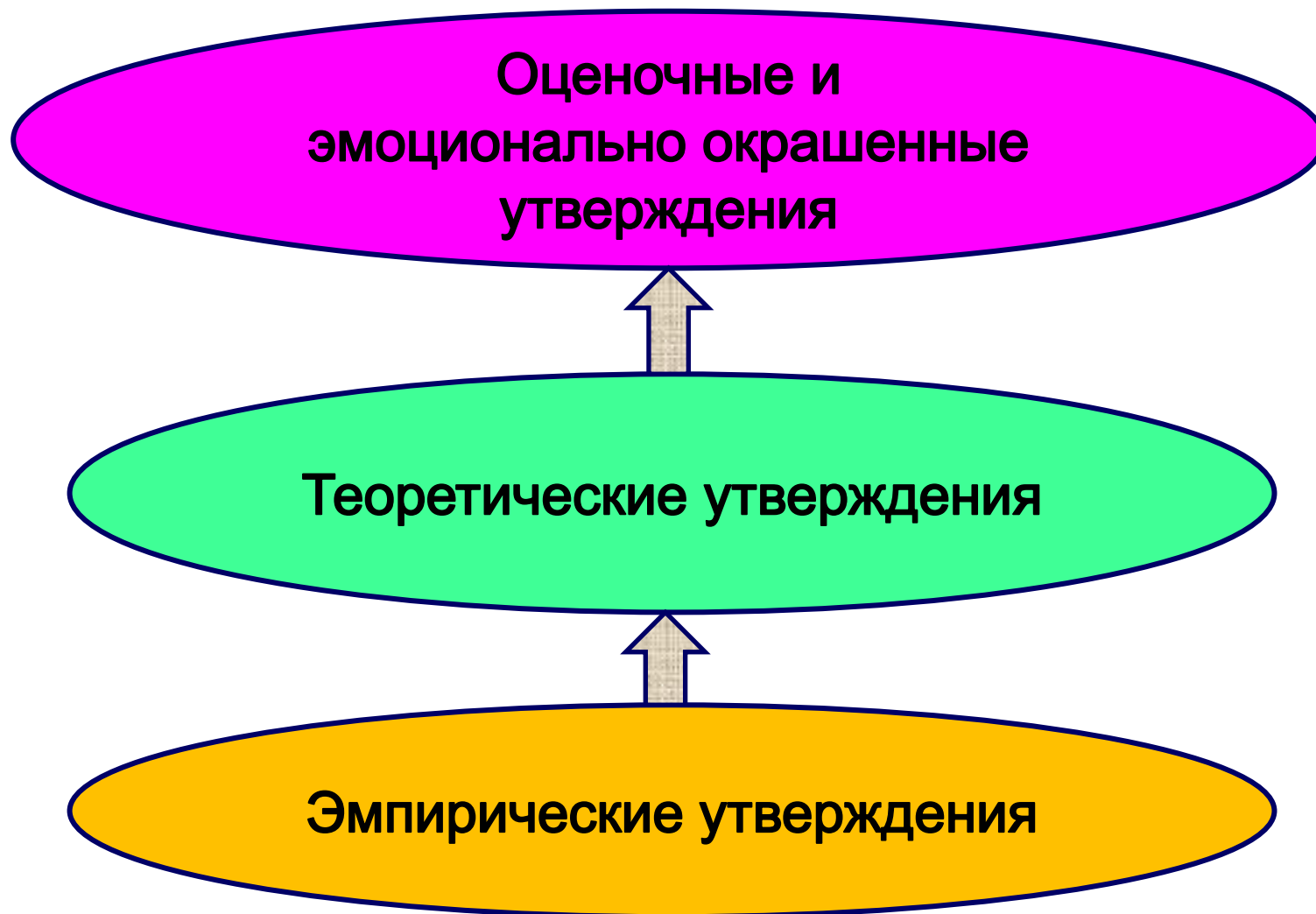
## НЕФТЬ МАРКИ BRENT



# Уровни представления знаний

- Представление и извлечение знаний различной степени общности
- Использование понятий различной степени общности:
  - Эмпирические понятия
  - Теоретические понятия
- Пополнение сигнатуры «верхнеуровневыми» понятиями

# Уровни представления знаний



# Взаимосвязь уровней общности понятий

- Определение понятий одного уровня через понятия другого уровня
- Принцип редукции **vs.** принцип несводимости понятий верхнего уровня к понятиям нижних уровней:
  - несводимость биологического уровня к физическому
  - несводимость сознания к реакциям нейронов



# Эмпирические и теоретические термины

- Р.Карнап: «Философские основания физики»
- Эмпирические термины – понятия, которые являются непосредственно наблюдаемыми: цвет, температура, давление, объем
- Смысл теоретических терминов является абстрактным и гипотетическим: энтропия, кинетическая энергия, масса электрона

# Эмпирические и теоретические термины

- Свойство быть эмпирическим или теоретическим является относительным: один набор терминов является эмпирическим относительно другого; в этом случае второй набор терминов будет теоретическим относительно первого – понятия и метапонятия
- Теоретические термины нужны для того, чтобы с их помощью формулировать теоретические законы, из которых, в свою очередь, можно получать эмпирические следствия

# Эмпирические и теоретические ПОНЯТИЯ

- На языке эмпирических понятий описываются:
  - Результаты анализов и симптомы больного
  - Тарифные планы, услуги сотового оператора
- На языке теоретических понятий описываются:
  - Болезни и синдромы
  - Потребности абонента мобильной связи
- Необходимо использовать «правила соответствия» между эмпирическими и теоретическими понятиями

# Правила соответствия

- Р.Карнап: невозможно определить теоретические понятия через эмпирические
- Для установления связи между эмпирическими и теоретическими понятиями вводятся правила соответствия
- Правила соответствия не являются определениями в каком-либо строгом смысле
- Цель правил соответствия – «построить мостик» между теоретическими и эмпирическими понятиями так, чтобы утверждения, записанные на одном языке, можно было транслировать на другой язык

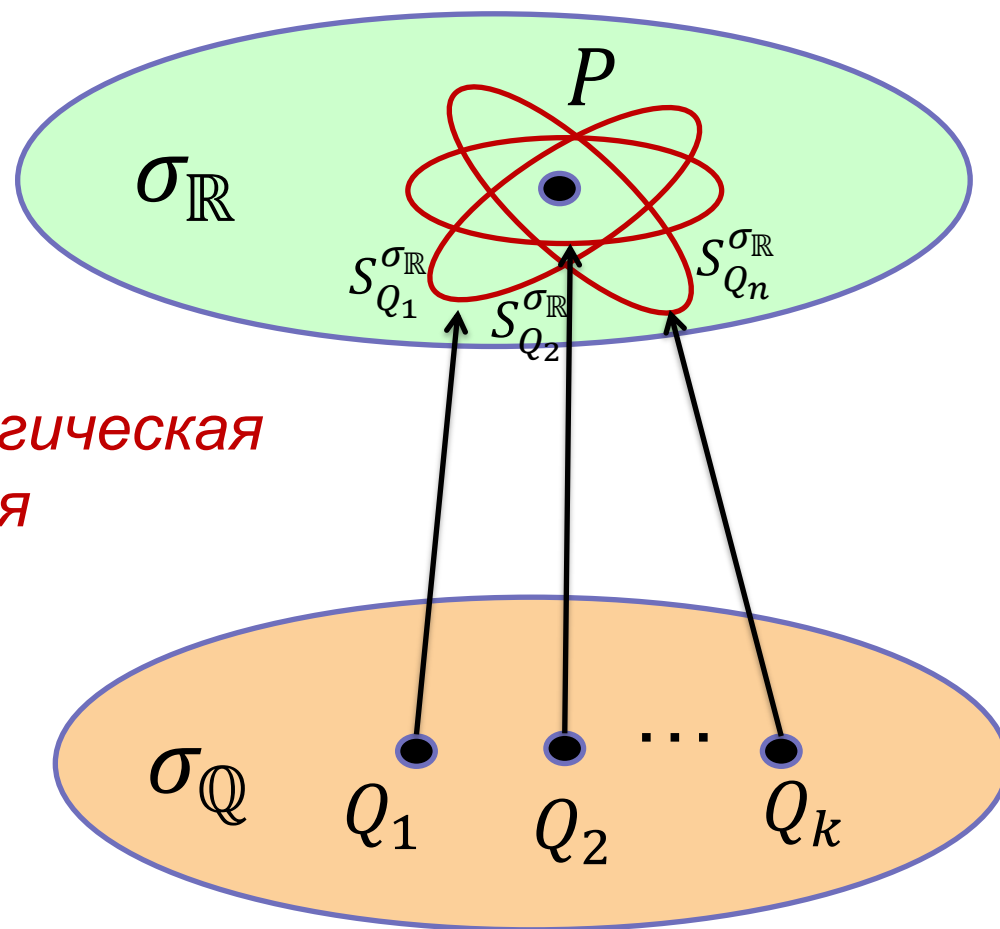
# Способы введения правил соответствия

- Один способ – использование импликаций между формулами разных сигнатур  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ :  $(\varphi \rightarrow \psi)$ , причем  $\varphi \in S(\sigma_1)$ , а  $\psi \in S(\sigma_2)$ .
- Другой способ введения правил соответствия между понятиями – использование онтологической проекции.

# Онтологическая проекция

- Используется для установления связей между низкоуровневыми и высокоуровневыми понятиями
- Например, для установления связей между понятиями, описывающими свойства сервисов и услуг мобильной связи, и понятиями, описывающими цели, потребности и желания абонентов мобильной связи.

Онтологическая  
проекция



# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- Онтологическая модель мобильной связи
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил



# Проблемы

- Мобильные операторы разрабатывают разнообразные тарифные планы и сервисы для того, чтобы удовлетворить потребности клиентов
- Однако для абонента сотовой связи часто бывает сложно найти необходимую ему актуальную информацию
- Мобильные операторы рассылают SMS-сообщения о новых тарифах и услугах, но, во-первых, это дорого и, во-вторых, всё равно не решает проблемы

# Цели

- Разработка методов для выяснения, какие тарифные планы и услуги сотового оператора являются наилучшими для данного абонента
- Такое знание позволит мобильному оператору делать действительно полезные рекомендации абонентам

# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- **Онтологическая модель мобильной связи**
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил


# Четырехуровневая модель представления знаний

Онтология

Общие знания

Прецеденты

Оценочные  
знания



# Четырёхуровневая модель представления знаний

- Описание структуры и смысла  
ключевых понятий, их определения
- Универсальные (общие) теоретические  
знания
- Частные, эмпирические знания  
(прецеденты)
- Оценочные, вероятностные знания

# Четырехуровневая модель представления знаний

Онтология

Общие знания

Прецеденты

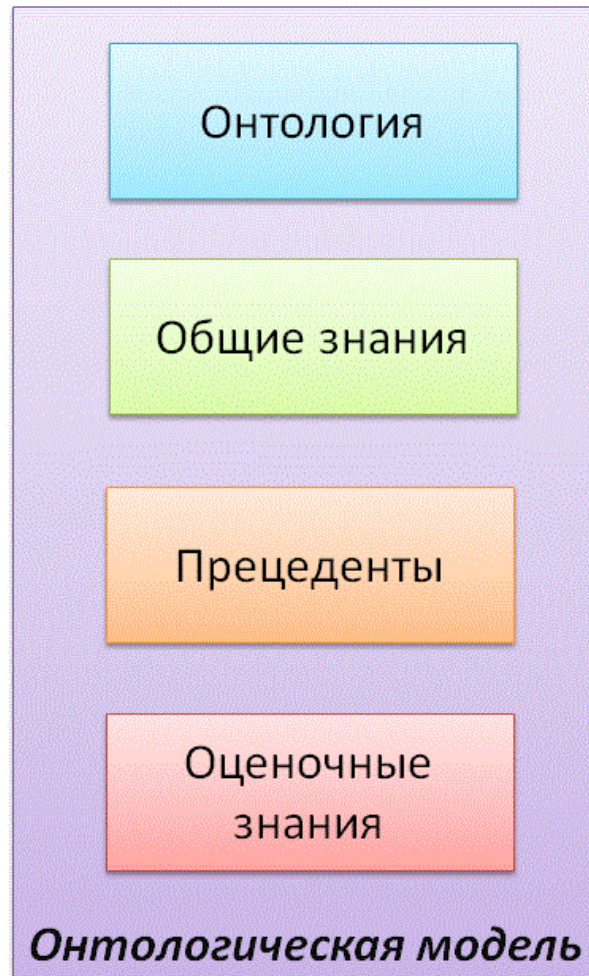
Оценочные  
знания



# Онтологическая модель

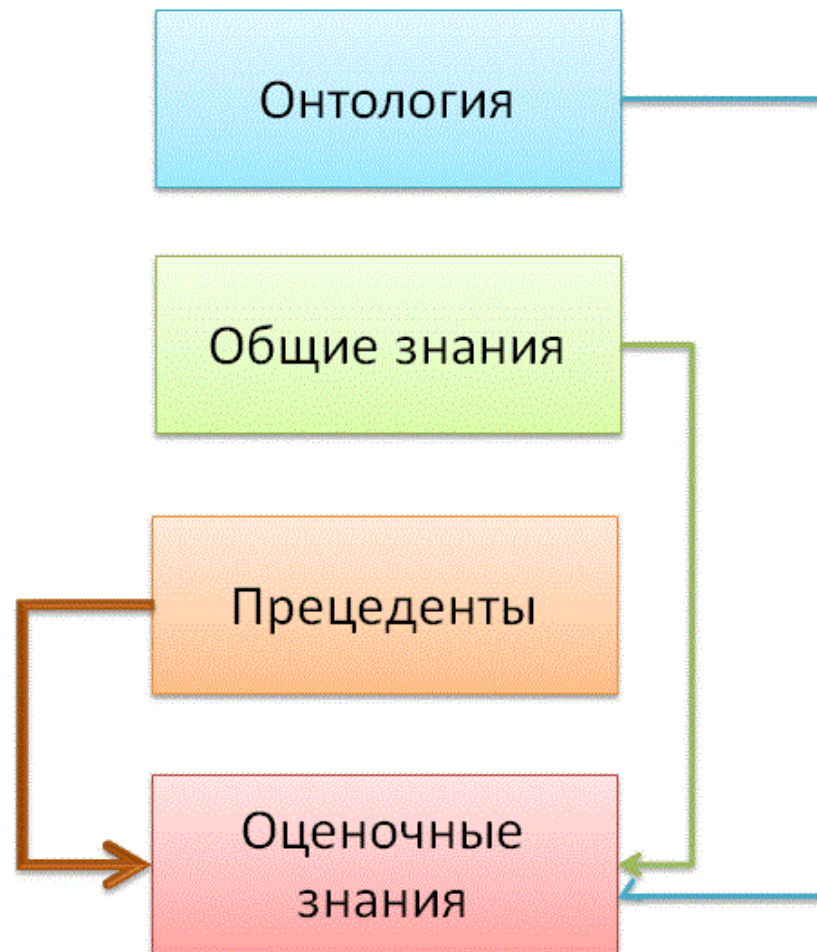
- (1) Онтология предметной области
- (2) Общие знания и закономерности предметной области, предложения, которые истинны для любого прецедента
- (3) Множество прецедентов предметной области, которые могут быть рассмотрены в настоящий момент времени
- (4) Вероятностные и оценочные утверждения и закономерности, предложения, имеющие нечёткое значение истинности

# Онтологическая модель





# Онтологическая модель



# Предметная область мобильной СВЯЗИ

- Онтологическая модель предметной области мобильной связи разрабатывается на основе интеграции данных, извлечённых из деперсонализированных профилей абонентов
- Сигнатура онтологической модели состоит из одноместных предикатов, описывающих как тарифные планы и сервисы, так и поведение абонентов
- К сигнатуре онтологической модели добавляются новые предикаты, описывающие интересы и потребности пользователей

# Онтология предметной области

- Сигнатура  $\sigma$  предметной области “Сети мобильной связи” состоит из двух видов понятий, представленных одноместными предикатами:
  - $\sigma_{\mathbb{P}}$  – параметры, описывающие характеристики абонента
  - $\sigma_{\mathbb{Q}}$  – параметры, описывающие тарифные планы и услуги.

# Характеристики абонентов

Более 115 параметров:

- 1) Личные параметры абонента: пол, возраст и пр.
- 2) Параметры, описывающие совершенные звонки
- 3) Параметры, описывающие использование WAP
- 4) Параметры, описывающие использование SMS
- 5) Параметры, описывающие использование MMS
- 6) Параметры, описывающие использование LBS
- 7) Список услуг, подключенных абонентом:  
«Конференц-звонки», «Видео-звонки», «Определитель номера», «Оповещение о абоненте в сети» и пр.
- 8) Тарифные планы

# $\sigma_{\mathbb{P}}$ и $\sigma_{\mathbb{Q}}$

- Сигнатура  $\sigma_{\mathbb{P}}$  – «Характеристики абонента» делится на три подкласса :
  - $\sigma_{\mathbb{P}_1}$  – «трафики»,
  - $\sigma_{\mathbb{P}_2}$  – «начисления»,
  - $\sigma_{\mathbb{P}_3}$  – «тарифный план».
- Сигнатура  $\sigma_{\mathbb{Q}}$  – «Тарифные планы и услуги»:
  - $\sigma_{\mathbb{Q}_1}$  – «Тарифные планы»,
  - $\sigma_{\mathbb{Q}_2}$  – «Услуги, снижающие расходы по тарифным планам»,
  - $\sigma_{\mathbb{Q}_3}$  – «Услуги, не влияющие на тарифный план»

$\sigma_{\mathbb{P}}$									$\sigma_{\mathbb{Q}}$									
$\sigma_{\mathbb{P}_1}$			$\sigma_{\mathbb{P}_2}$			$\dots$			$\sigma_{\mathbb{Q}_1}$			$\sigma_{\mathbb{Q}_2}$			$\dots$			

# Онтологические аксиомы

$Ax_a$

Для того, чтобы описать онтологию предметной области мы определяем множество онтологических аксиом

$$Ax_a \subseteq F_1(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}}).$$

- *Аксиомы частное-общее:*

$$(Q_{ijk}^n(x) \rightarrow Q_{ij}^n(x)) \text{ и } (Q_{ij}^n(x) \rightarrow Q_i(x))$$

- *Аксиомы полноты:*

$$\vee \{P(x) \mid P \in \sigma_{\mathbb{P}_{ijk}}\} \text{ и } \vee \{Q(x) \mid Q \in \sigma_{\mathbb{Q}_1}\}$$

# Онтологические аксиомы

*$Ax_a$*

- *Аксиомы включения*

$$(Q_{ijk}^{n_1}(x) \rightarrow Q_{ijk}^{n_2}(x)), \text{ где } n_2 < n_1.$$

- Пример: если тарифный план  $t$  содержит “не менее 500 бесплатных SMS” то он содержит “не менее 300 бесплатных SMS”.



# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- Онтологическая модель мобильной связи
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил

# Алгебраическая система и сигнатура

Алгебраическая система (модель)

$\mathfrak{A} = \langle A; P_1, \dots, P_n \rangle$ , с основным множеством  $|A| = A$ , предикатами  $P_1, \dots, P_n$ , определёнными на множестве  $A$  и константами  $c_1, \dots, c_k$ .

Кортеж  $\sigma = \langle P_1, \dots, P_n, c_1, \dots, c_k \rangle$  — это сигнатура модели  $\mathfrak{A}$ .

# Обозначения

- $FV(\varphi)$  – множество свободных переменных формулы  $\varphi$ .
- $F(\sigma) \simeq \{\varphi \mid \varphi \text{ – формула сигнатуры } \sigma\}$ ,
- $F_1(\sigma) \simeq \{\varphi \mid \varphi \in F(\sigma) \text{ и } FV(\varphi) = \{x\}\}$ ,
- $S(\sigma) \simeq$   
 $\{\varphi \mid \varphi \text{ – предложение сигнатуры } \sigma: FV(\varphi) = \emptyset\}$
- $K(\sigma) \simeq \{\mathfrak{A} \mid \mathfrak{A} \text{ – модель сигнатуры } \sigma\}$ .

# Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи

Рассмотрим множество  $A = \{e_1, \dots, e_n\}$  абонентов мобильной сети и сигнатуру  $\sigma = \sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}}$ , где  $\sigma_{\mathbb{P}}$  – это множество характеристик абонента и  $\sigma_{\mathbb{Q}}$  – множество характеристик тарифных планов, сервисов и опций.

Для каждого абонента  $e_i$  определим одноэлементную модель  $e_i = \langle \{e_i\}, \sigma \rangle$ , рассматриваемую как прецедент предметной области  $\mathbb{M}$  мобильной связи.

# Прецедентная модель

- **Прецедентная модель**  $\mathfrak{A} = \langle A, \sigma \rangle$  задаётся множеством прецедентов  $\{e_1, \dots, e_n\}$ :  
 $|\mathfrak{A}| = A = \{e_1, \dots, e_n\}$ .
- На модели  $\mathfrak{A}$  для каждого сигнатурного предиката  $P \in \sigma$  и произвольного элемента  $e \in A$  выполнено  $\mathfrak{A} \models P(e)$  тогда и только тогда, когда предикат  $P(x)$  является истинным на модели (прецеденте)  $e$  (т.е., когда  $e \models \forall x P(x)$ ).

# Прецедентная модель

$K_{\mathfrak{U}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$				$\sigma_{\mathbb{Q}}$			
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	...	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	...
$e_1$	+		+				+	
$e_2$		+		+		+		
$e_3$			+					+
$e_4$		+		+			+	
...			+		+			+
$e_n$	+						+	

# Прецедентная модель

- Прецедентная модель строится на основе имеющейся информации о поведении абонентов мобильной связи
- Мы рассматриваем прецедентную модель как относительно аксиоматизируемый класс одноэлементных моделей; на основе прецедентной модели мы определяем формальный контекст

# Формальное определение онтологической модели

**Определение.** Онтологической моделью предметной области называется кортеж  $\langle \mathcal{U}, T^a, T^s, T^f \rangle$ , где  $\mathcal{U}$  – прецедентная модель,  $T^a$  – аналитическая теория,  $T^s$  – теория предметной области и  $T^f$  – нечеткая теория модели  $\mathcal{U}$ .



# Формальное определение онтологической модели

Аналитическая теория предметной области  $T^a$  задаётся множеством предложений  $Ax_a$  – аксиомами онтологии.

Теория предметной области  $T^s$  задаётся множеством предложений  $Ax_s$  – аксиомами предметной области.

# Онтологическая модель

$$\mathcal{OM} = \langle \mathcal{U}, T^a, T^s, T^f \rangle,$$

- $\mathcal{U}$  – прецедентная модель,
- $T^a$  – аналитическая теория,
- $T^s$  – теория предметной области,
- $T^f$  – нечеткая теория.

# План

- Правила соответствия между уровнями представления понятий
- Поиск оптимальных тарифов и услуг мобильной связи
- Онтологическая модель мобильной связи
- Теоретико-модельное описание абонентов сотовой связи
- Поиск ассоциативных правил

# Формальные контексты

- Для того, чтобы получить содержательные рекомендации абонентам по выбору тарифных планов и услуг, мы рассматриваем формальные контексты: объектами являются модели пользователей, а атрибутами – описывающие их поведение формулы логики предикатов первого порядка
- Исследуются решётки понятий и ассоциативные правила таких формальных контекстов
- Рассматриваются расширения множеств атрибутов формальных контекстов

# Поиск ассоциативных правил

- По прецедентной модели строится формальный контекст; он расширяется за счёт обогащения сигнатуры
- В расширенном формальном контексте ищутся ассоциативные правила с высокой достоверностью и поддержкой
- Данные методы позволяют находить ассоциативные правила, которые можно использовать для порождения рекомендаций

# Класс прецедентов

Обозначим через  $K_{\mathcal{A}} = \{e_1, \dots, e_n\}$  класс прецедентов (одноэлементных моделей), порождённых прецедентной моделью  $\mathcal{A}$ , т.е., множеством абонентов  $\{e_1, \dots, e_n\}$ .

# Формальный контекст, порождённый прецедентной моделью

- Рассматриваются различные множества формул  $\Delta \subseteq F_1(\sigma)$ .
- В частности, рассматривается множество 
$$\Delta_\sigma = \{P(x) \mid P \in \sigma\} \subseteq F_1(\sigma).$$
- Через  $C_{\mathfrak{A}}^\Delta = (K_{\mathfrak{A}}, \Delta, \models)$  обозначим формальный контекст с множеством объектов  $K_{\mathfrak{A}}$ , множеством атрибутов  $\Delta$  и отношением инцидентности  $\models$ .
- Обозначим  $C_{\mathfrak{A}}^\sigma = (K_{\mathfrak{A}}, \Delta_\sigma, \models)$ .

# Добавление конъюнкций

**Предложение.** а) Множества ассоциативных правил формальных контекстов  $(K_0, \Delta, \models)$  и  $(K_0, \Delta \cup \{\varphi_1 \& \dots \& \varphi_n\}, \models)$  совпадают по модулю замены формул  $(\varphi_1 \& \dots \& \varphi_n)$  множествами  $\{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$ .

б) Множества импликаций формальных контекстов  $(K_0, \Delta, \models)$  и  $(K_0, \Delta \cup \{\varphi_1 \& \dots \& \varphi_n\}, \models)$  совпадают по модулю замены формул  $(\varphi_1 \& \dots \& \varphi_n)$  множествами  $\{\varphi_1, \dots, \varphi_n\}$ .



# Добавление конъюнкций

**Предложение.** Если  $\Delta, \Delta_1 \subseteq F(\sigma_0)$ ,  $\Delta \subseteq \Delta_1$  и множество  $\Delta_1 \setminus \Delta$  состоит из некоторых конъюнкций формул из  $\Delta$  то множества импликаций, а также множества ассоциативных правил формальных контекстов  $(K_0, \Delta, \models)$  и  $(K_0, \Delta_1, \models)$  совпадают по модулю замены конъюнкций формул из  $\Delta_1 \setminus \Delta$  соответствующими множествами формул.

# Добавление дизъюнкций

**Предложение.** В общем случае если добавляются дизъюнкции

$$(P_1(x) \vee \dots \vee P_k(x))$$

к множеству формул  $\Delta_\sigma$ , где  $P_1, \dots, P_k \in \sigma$ , то множество ассоциативных правил формального контекста  $(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_\sigma, \models)$  изменится.

# Добавление дизъюнкций

- Обозначим  $\Delta_\sigma^\vee = \Delta_\sigma \cup \{(P_1(x) \vee \dots \vee P_k(x)), \mid P_i \in \sigma\}$ .
- Мы добавляем дизъюнкции сигнатурных предикатов к множеству  $\Delta_\sigma$  для улучшения качества извлекаемых ассоциативных правил
- Таким образом мы рассматриваем множество формул  $\Delta_\sigma^\vee$  вместо множества формул  $\Delta_\sigma$  и, соответственно, формальный контекст  $(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_\sigma^\vee, \models)$  вместо формального контекста  $(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_\sigma, \models)$ .

# Добавление дизъюнкций

$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$			
	$P_1$	...	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	...
$e_1$	+				+	
...		+		+		
$e_n$						+



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^V$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$P_1 \vee P_2$	...
$e_1$	+				+	
...		+			+	+
$e_n$				+		

**Предложение.** Решётка формальных понятий  $\underline{\mathfrak{B}}(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_{\sigma}^{\vee}, \models)$  дистрибутивна.

**Замечание.** В общем случае решётка формальных понятий  $\underline{\mathfrak{B}}(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_{\sigma}, \models)$  не дистрибутивна. А именно, найдётся класс  $K_{\mathfrak{A}}$  такой, что решётка  $\underline{\mathfrak{B}}(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_{\sigma}, \models)$  не является дистрибутивной.

**Предложение.** 1) Решётка формальных понятий  $\underline{\mathfrak{B}}(K_{\mathfrak{A}}, F_1(\sigma), \models)$  дистрибутивна.

2) Решётка формальных понятий  $\underline{\mathfrak{B}}(K_{\mathfrak{A}}, F(\sigma), \models)$  дистрибутивна.

# Данные об абонентах мобильной сети

- Ассоциативные правила ищутся в формальном контексте  $(K_{\mathcal{A}}, \Delta_{(\sigma_P \cup \sigma_Q)}^V, \models)$ .
- Более 10 миллионов абонентов
- Более 1200 различных тарифных планов
- Более 90 сервисов
- Таким образом, более 10 миллионов объектов и около 1400 атрибутов

# Формальный контекст

$$(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}, \models)$$

$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$				$\sigma_{\mathbb{Q}}$				$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$					
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	...	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	...	$P_1 \vee P_2$	...	$P_1 \vee Q_1$	...	$P_k \vee \dots P_l \vee Q_m \vee \dots \vee Q_s$	...
$e_1$	+		+				+		+		+		+	+
$e_2$		+		+		+			+	+		+	+	
$e_3$			+					+						+
$e_4$		+		+			+		+			+		
...			+		+			+		+	+		+	+
$e_n$	+						+		+		+	+		+

# Расширение сигнатуры

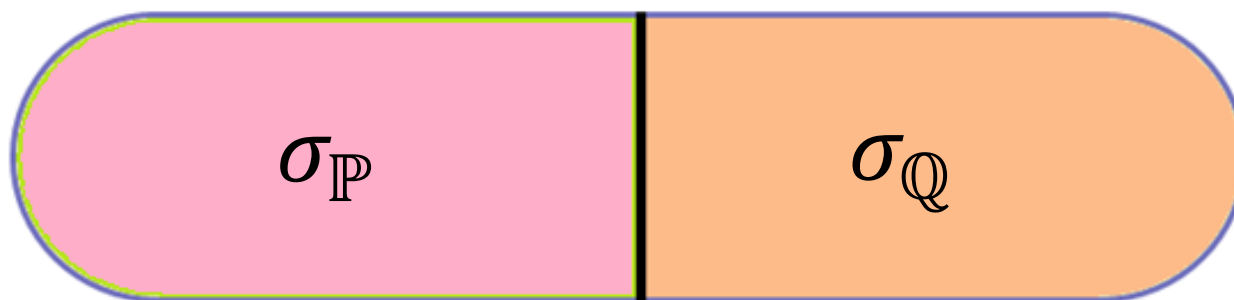
- Для повышения качества ассоциативных правил мы рассматриваем формальный контекст, расширенный дизъюнкциями  $(K_{\mathfrak{A}}, \Delta_{\sigma}^V, \models)$ .
- В этом формальном контексте мы можем найти ассоциативные правила с высокой достоверностью; однако, не все такие правила будут осмысленными
- Мы рассматриваем расширенную сигнатуру  $\sigma_M$  вместо сигнатуры  $\sigma$  для того, чтобы найти семантически осмысленные правила



# Расширение $\sigma_{\text{M}}$ сигнатуры $\sigma_{\text{P}} \cup \sigma_{\text{Q}}$

- Сигнатура  $\sigma_{\text{R}}$  – высокоуровневые характеристики тарифных планов и услуг
  - Например: «Позволяет смотреть онлайн фильмы в HD-качестве»
- Понятия сигнатуры  $\sigma_{\text{I}}$  описывают интересы пользователя
  - Например: «Нужна низкая стоимость звонков», «Не интересует стоимость звонков в роуминге»
- $$\sigma_{\text{M}} = (\sigma_{\text{P}} \cup \sigma_{\text{Q}}) \cup (\sigma_{\text{I}} \cup \sigma_{\text{R}})$$

## Метаонтология

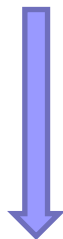


## Онтология

# Сигнатура $\sigma_{\mathbb{M}}$

$\sigma_{\mathbb{P}}$									$\sigma_{\mathbb{Q}}$									$\sigma_{\mathbb{I}}$
$\sigma_{\mathbb{P}_1}$			$\sigma_{\mathbb{P}_2}$			$\dots$			$\sigma_{\mathbb{Q}_1}$			$\sigma_{\mathbb{Q}_2}$			$\dots$			
$\sigma_{\mathbb{R}}$																		

$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$				$\sigma_{\mathbb{Q}}$			
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	...	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	...
$e_1$	+		+				+	
...		+		+		+		
$e_n$			+					+



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$				$\sigma_{\mathbb{Q}}$				$\sigma_{\mathbb{R}}$				$\sigma_{\mathbb{I}}$			
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	...	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	...	$R_1$	$R_2$	$R_3$	...	$I_1$	$I_2$	$I_3$	...
$e_1$	+		+				+					+	+			+
...	+	+		+		+			+		+				+	
$e_n$			+					+	+	+			+		+	

# Формальный контекст в расширенной сигнатуре

[illegible]

# Онтология предметной области $\mathbb{M}$

- Понятия из  $(\sigma_{\mathbb{R}} \cup \sigma_{\mathbb{I}})$  используются для автоматического порождения осмысленных формул – атрибутов формального контекста для поиска ассоциативных правил
- Пара  $\langle \sigma_{\mathbb{M}}, Ax \rangle$  образует онтологию предметной области  $\mathbb{M}$ .

# Расширенный формальный КОНТЕКСТ

$K_{\mathfrak{U}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$				$\sigma_{\mathbb{Q}}$				$\sigma_{\mathbb{R}}$				$\sigma_{\mathbb{I}}$				$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$			
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\dots$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$\dots$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$\dots$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	
$e_1$	+		+				+					+	+			+	+		+	
$e_2$	+	+		+		+			+		+				+		+	+		+
$e_3$			+					+	+	+			+		+					
$e_4$		+		+			+			+		+		+		+	+			+
$\dots$			+		+			+		+	+							+	+	
$e_n$	+						+							+	+		+		+	+

# Суженый формальный контекст

[illegible]



# Онтологическая проекция

**Определение.** Рассмотрим онтологическую модель  $\langle \mathfrak{A}, T^a, T^s, T^f \rangle$ , пусть  $Q \in \sigma_Q$ . Обозначим

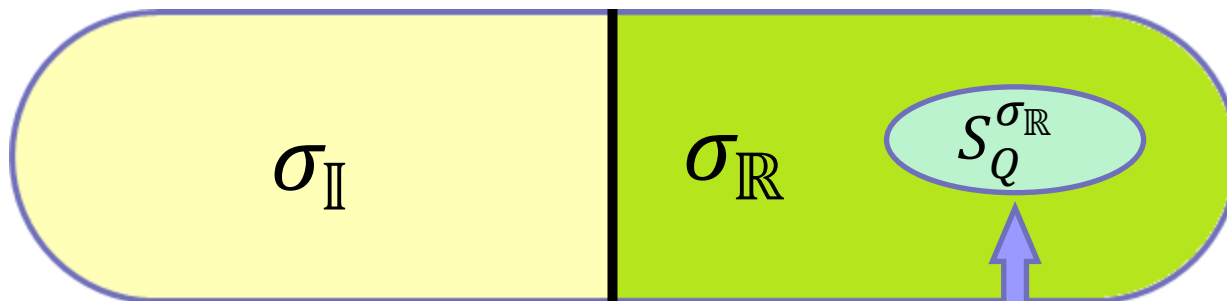
$$S_Q = \{ \varphi \in F_1(\sigma_{\mathbb{R}}) \mid T^a \vdash (Q(x) \rightarrow \varphi(x)) \}.$$

Онтологической проекцией предиката  $Q$  на сигнатуру  $\sigma_{\mathbb{R}}$  назовем множество формул

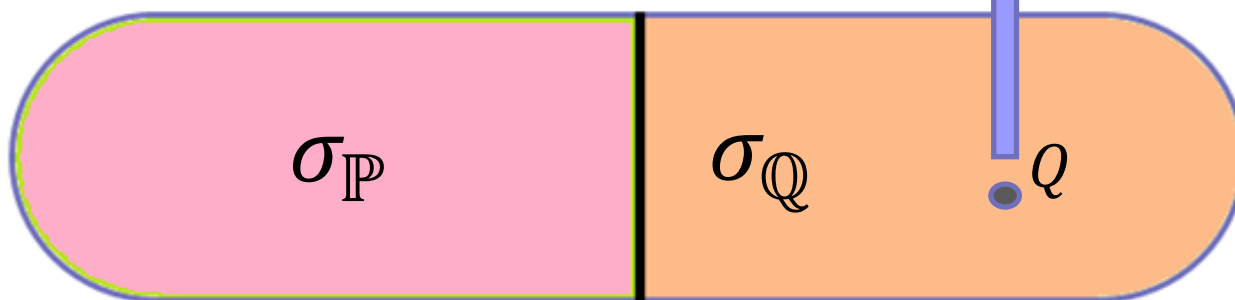
$$S_Q^{\sigma_{\mathbb{R}}} = \{ P(x) \mid P \in \sigma_{\mathbb{R}} \text{ и } P(x) \in S_Q \}$$

или формулу

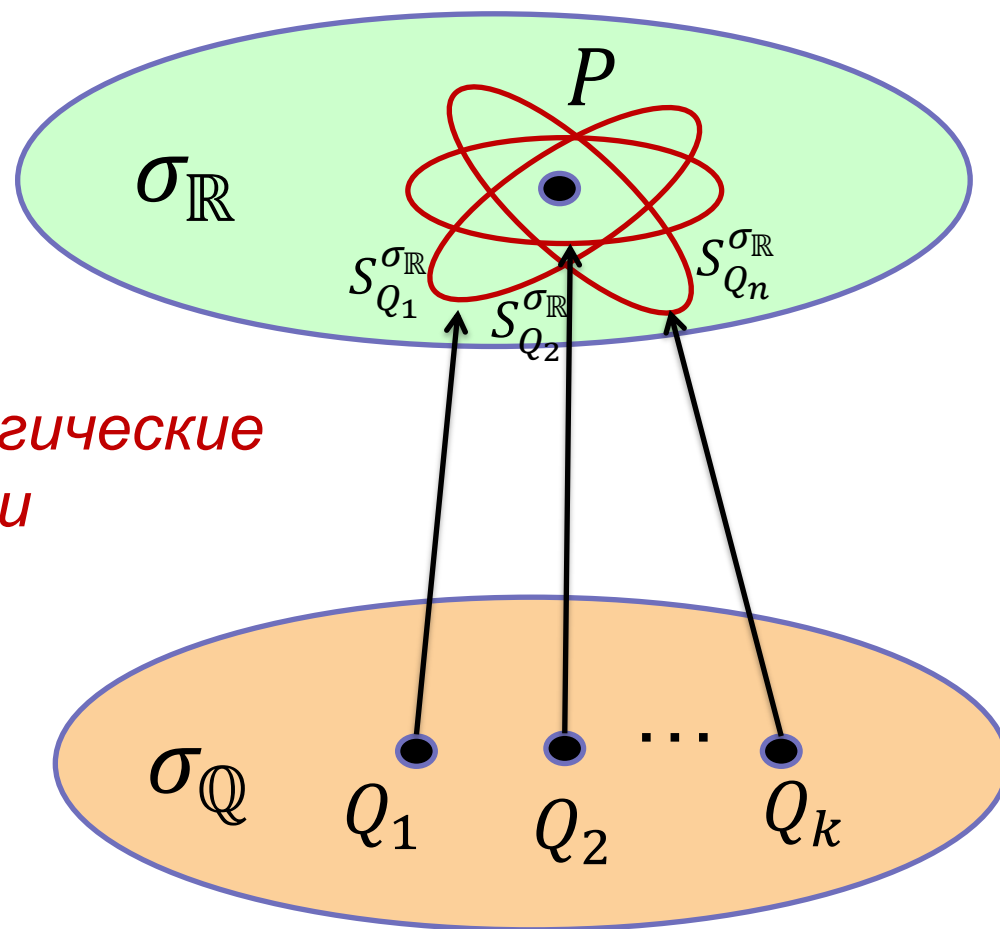
$$\varphi_Q^{\sigma_{\mathbb{R}}}(x) = \& \{ P(x) \mid P \in \sigma_{\mathbb{R}} \text{ и } P(x) \in S_Q \}.$$

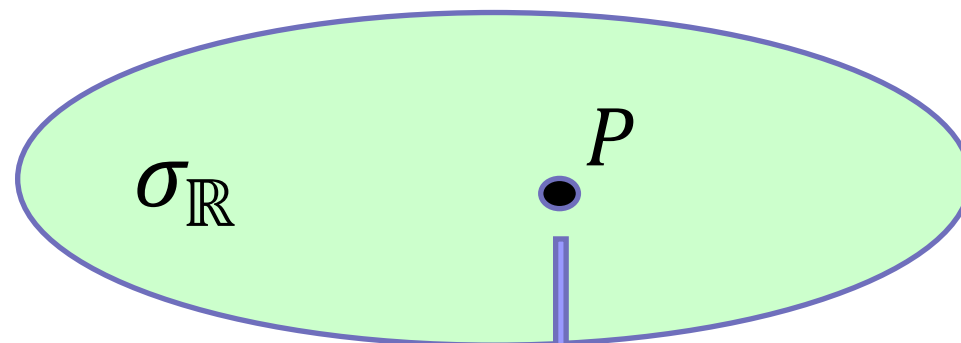


*Онтологическая  
проекция*

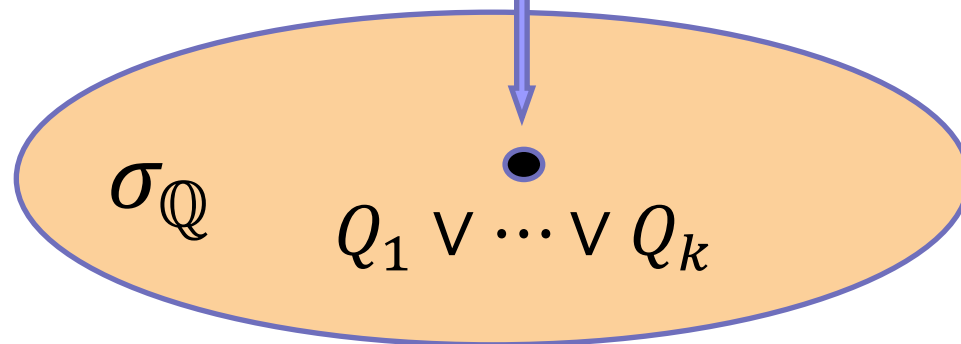


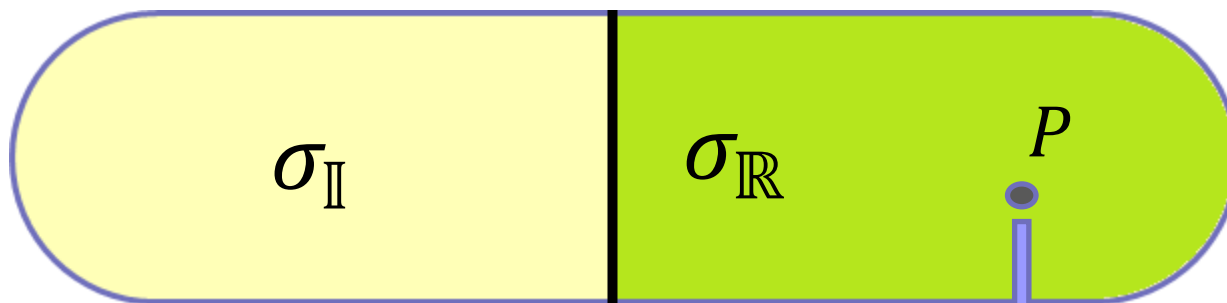
Онтологические  
проекции



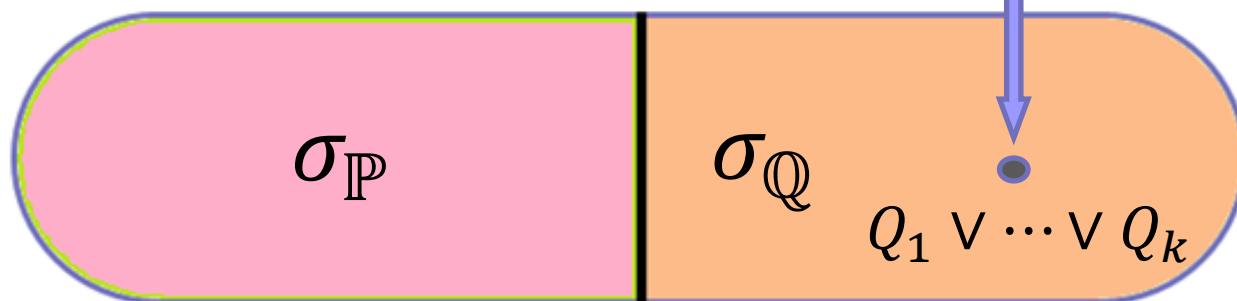


*Порождение  
дизъюнкций*





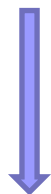
*Порождение  
дизъюнкций*



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...
$e_1$	+			
...		+		
$e_n$				+



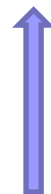
$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$P_1 \vee P_2$	...
$e_1$	+				+	
...		+			+	+
$e_n$				+		



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\sigma_{\mathbb{R}}$		$\sigma_{\mathbb{I}}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$R_1$	...	$I_1$	...
$e_1$	+					+	+	+
...	+	+			+			
$e_n$				+	+		+	



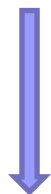
$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\sigma_{\mathbb{R}}$		$\sigma_{\mathbb{I}}$		$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$R_1$	...	$I_1$	...	$P_1 \vee P_2$	...
$e_1$	+					+	+	+	+	
...	+	+			+				+	+
$e_n$				+	+		+			



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...
$e_1$	+			
...		+		
$e_n$				+



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$P_1 \vee P_2$	...
$e_1$	+				+	
...		+			+	+
$e_n$				+		



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\sigma_{\mathbb{R}}$		$\sigma_{\mathbb{I}}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$R_1$	...	$I_1$	...
$e_1$	+					+	+	+
...	+	+			+			
$e_n$				+	+		+	



$K_{\mathfrak{A}}$	$\sigma_{\mathbb{P}}$		$\sigma_{\mathbb{Q}}$		$\sigma_{\mathbb{R}}$		$\sigma_{\mathbb{I}}$		$\Delta_{(\sigma_{\mathbb{P}} \cup \sigma_{\mathbb{Q}})}^{\vee}$	
	$P_1$	...	$Q_1$	...	$R_1$	...	$I_1$	...	$P_1 \vee P_2$	...
$e_1$	+					+	+	+	+	
...	+	+			+				+	+
$e_n$				+	+		+			



*Порождение дизъюнкций*



**Спасибо за внимание!**



