

Борис Миркин

Кафедра анализа данных и искусственного интеллекта,
Высшая школа экономики Москва РФ
Департамент информатики и информационных систем,
Лондонский университет Лондон

Искусственный интеллект: история и современное состояние

Доклад на «Втором Нижегородском фестивале Науки и Искусства» 13 ноября 2010



«Есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе – это науке неизвестно.» Лектор из к/ф Карнавальная Ночь (1956).

То же верно и для искусственного интеллекта. На этом можно было бы и разойтись, но, как и в фильме, представляют интерес детали.

Содержание

- Романтический период искусственного интеллекта; тест Тьюринга; машинный перевод (1940 – 1960)
- Дедуктивный этап: автоматизация вывода (1960 – 1990)
- Понятие – основной объект искусственного интеллекта
- Индуктивный этап – анализ данных, майнинг данных, обнаружение знаний, кластеры (1990 –)
- Начальный этап синтеза: Онтологии (2007 –)
- Представление деятельности с помощью экономного подъёма (обобщение на онтологии)
- Перспективы дальнейшего развития

Романтический период

Об искусственном интеллекте заговорили одновременно с созданием компьютеров – в самом начале 40 годов 20 века. Помимо чисто профессиональных вещей – моделирование нейронов, памяти, вычислений, всех интересовал вопрос.

Может ли машина мыслить?

Что такое «мыслить» никто

толком сказать не мог, не может и сейчас, но в 1950 Алан Тьюринг, создатель так называемой машины Тьюринга, предложил следующее определение (я думаю, из озорства), Тест Тьюринга: Машину будем называть мыслящей, если она сможет поддерживать диалог с человеком так, чтобы никто не догадался, что она машина. Очевидно, что такое определение абсолютно ненаучно, т.к. в нем нет ничего относящегося к моделированию механизмов мышления. Современные программы работают по типу Элочки-людоедки из романа Двенадцать Стульев (Ильф и Петров).

35(Человек): Привет!

36(Компьютер): *Она! Сколько лет, сколько зим!*

35: Лет не знаю, но зим много.

36: *А что ты, вообще, знаешь?*

35: А ты?

36: *Кто? Я?*

35: Ты болтун!

36: *Разве моя личность представляет какой-либо интерес?*

35: Пищеварка.

36: *Не знаю, что и сказать...*

35: И я не знаю...

36: *А никак, наверно, в этой ситуации.*

Сунулись было в **Машинный перевод**, но здесь дело быстро застопорилось, т.к. выяснилось, что перевод текста немыслим без подтекста, т.е. представления о реальности. **Фундаментальный результат этих**

разысканий: синтаксический **Парсинг** предложений (в соответствии с грамматикой Чомского) – так называемый

Natural Language Processing. Образец результатов данного

направления, так называемый, **Ask Jeeves** – программа (поисковая система), сопоставляющая запросу наиболее ему адекватный абзац из свода 7 миллионов установлений, хранящегося в памяти.

Понятие – основной предмет искусственного

интеллекта. Искусственный интеллект должен уметь оперировать с понятиями – породить понятия и связывать разные понятия между собой.

Еще древние греки понимали двойственную природу понятий.

Любое понятие можно трактовать двояко. С одной стороны, это **термин**, включённый в какую-то область знаний, обычно даже определяемый в терминах этой области знаний. С другой стороны, понятию соответствуют конкретные объекты, подпадающие под него. Например, «компьютер» может быть определён как цифровое устройство для определенных действий с числами, а с другой стороны, может быть представлен множеством всех вычислительных устройств, произведённых такими-то компаниями и находящимися в пользовании в офисах и квартирах. Первый, «определяющий», «теоретический», аспект называется интенциональным, второй, «перечислительный», «эмпирический», аспект, – экстенциональным.

Математическая логика пошла по интенциональному пути через идею выводимости. В математике идея, что все можно вывести из нескольких точно сформулированных понятий, удовлетворяющих четким аксиомам, была очень убедительно доведена до совершенства в так называемой «программе Гильберта» (Д. Гильберт 1862-1943 Германия, последний великий математик), попытке свести математику к математической формальной логической машине. Оказалось, что путь этот приводит к гносеологическим трудностям. Австрийский математик Курт Гёдель доказал, что если такая формальная система включает арифметику (т.е. целые числа и арифметические операции с ними), то существует истинное высказывание, не выводимое из аксиом. Можно сказать – ну и что, давайте добавим это высказывание к списку аксиом, и все будет в порядке. Увы – нет, ведь теорема Гёделя применима и к новой, расширенной системе: найдется другое не выводимое высказывание. Интенциональный путь заведомо не полон, никакая формальная система не сможет вывести все правильные утверждения.

Дедуктивный этап (1960-1990)

В этой связи поражает, что исследования по искусственному интеллекту вначале в основном шли по интенциональному пути – грубо говоря, сводились к автоматизации логического вывода – долго, пожалуй до начала 90х, когда ведущие деятели просто сошли со сцены, не оставив никаких сколь-нибудь интересных результатов, разве что концепцию экспертной системы и язык ПРОЛОГ, предназначенный для реализации формальных построений. В этой связи припоминаю, что в 1974 в Тбилиси была организована – чуть ли не впервые в СССР – Международная конференция по Искусственному интеллекту. Меня включили в список рассылки, чем я был очень доволен, и мы послали туда новый метод обобщения данных – агрегирование больших графов в малые, что я считал – и считаю – безусловно относящимся к искусственному интеллекту: по-моему, обобщение фактов или структур – одна из главных интеллектуальных операций. Увы, Оргкомитет так не считал, нашу рукопись мне вернули; на манускрипте округлым девичьим почерком был выведен вердикт: «Никакого отношения к искусственному интеллекту».

В 1982 году один из лидеров этого направления, Патрик Суппис (Станфорд), передал мне огромный том материалов, подготовленных в рамках этой программы – гора родила мышь.

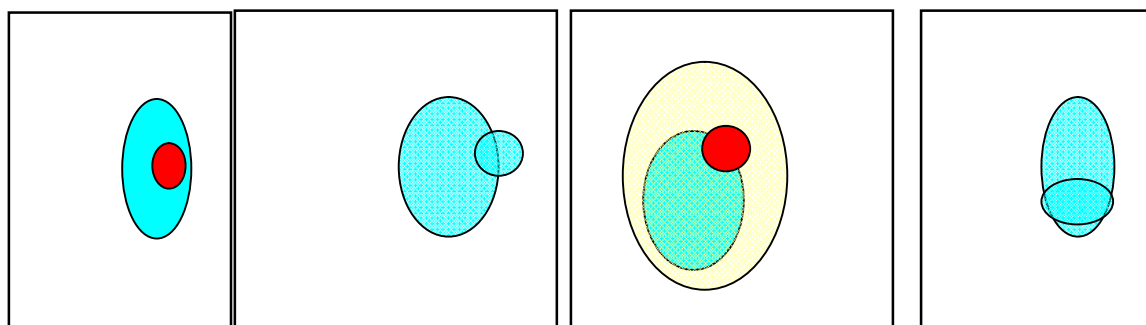
Сейчас эта деятельность, по-прежнему хорошо финансируемая, сосредотачивается вокруг нестандартных логик, моделирующих разные аспекты природы (время, место) и человека (модальность), а также улучшения работы вычислительных машин (новые языки, эволюционные вычисления, и пр.).

Этап разработки данных (1995-2005)

Экстенциональный путь усиленно развивается в настоящее время. Дисциплина «Разработка данных» (Data mining and knowledge discovery) – деятельность по выявлению «интересных» образов или закономерностей в наблюдаемых данных – фундаментальная часть усилий по искусственному интеллекту – лучше отсчитывать с 90х, хотя, конечно, разрозненные усилия предпринимались с 60х. Согласно этому подходу, каждое понятие представляется неким предикатом, определенным в терминах признаков наблюдаемых данных и тем самым может соответствовать тому подмножеству множества обрабатываемых данных, на котором оно истинно. Это позволяет перевести логические операции на язык операций над множествами.

Логическое отношение следования (продукция) соответствует теоретико-множественному включению (Рис. 1).

Рис. 1: Иллюстрация некоторых логических отношений в терминах подмножеств.



(а)

(б)

(в)

(г)



- множество $O(A)$ объектов, отвечающих понятию А



- множество $O(B)$ объектов, отвечающих понятию Б



- множество $O(V)$ объектов, отвечающих понятию В

На рисунке: (а): «Из А следует Б» или «Все А суть Б» (сразу два смысла !!!),

(б): «Некоторые А суть Б»,

(в): Правильный силлогизм («Если все А суть Б, а все Б суть В, то все А суть В»).

(г): «Почти все А суть Б»

Понятие **ассоциации**, одно из основных в разработке данных, соответствует «интересной» продукции $A \Rightarrow B$: как (а) множество $O(A)$ достаточно велико, так и (б) множество $O(A \wedge B) = O(A) \cap O(B)$ достаточно велико, т.е. составляет значительную долю от $O(A)$. Вычислительно эти свойства обеспечиваются пороговыми значениями, например, чтобы $O(A)$ составляло не менее 30% от всей выборки (условие (а)), а $O(A \wedge B)$ – не менее 90% от объема $O(A)$ (условие (б)). Условие (б) обеспечивает факт импликации (логического следования), а условие (а) – ее интересности, с точностью до заранее фиксированных пороговых значений. Будучи применен к анализу данных о транзакциях (индивидуальных покупках) в цепи американских супермагазинов «Хоум Депо (Всё для дома)» в середине 90х, перебор всех «интересных» продуктов привел к успеху – одна из существенных глав в любом учебнике по разработке данных (дата майнинг).

Проблемы –

(аа) определение пороговых значений для экспликации двух «достаточно больших величин и

(бб) слишком много «интересных» импликаций, зачастую значительно больше по объёму, чем исходных данных. Какие более полезны, чем другие?

Вероятно, поэтому задача получения нетривиальных силлогизмов не очень-то изучается в анализе данных.

Я вижу ещё одну проблему с силлогистикой:

(вв) при вычислениях типы множеств не различаются.

Например, базовый в учебниках логики силлогизм про Кая, который смертен, потому что тоже человек. «Кай – человек» - это индивидуальное суждение или одноэлементное множество?

Математика заплатила большим, третьим (первый – открытие, что не все числа рациональны; второй – открытие, что среди корней уравнений с целочисленными коэффициентами могут быть комплексные числа), кризисом около 100 лет назад. Оказалось, что понятие «множества» как совокупности объектов, объединенных каким-либо признаком, приводит к парадоксу – одновременно истинны как некое утверждение, так и его отрицание. Б. Рассел сформулировал это как историю о Севильском цирюльнике, который бреет всех тех и только тех жителей Севильи, которые не бреются сами: может ли он побриться сам? (с одной стороны, не может, но тогда – обязан!) В терминах множеств: рассмотрим «множество всех абстрактных понятий» Φ . Очевидно, это множество само – абстрактное понятие, т.е. $\Phi \in \Phi$. Рассмотрим теперь множество Γ всех таких множеств, которые не являются своими элементами. Можно ли утверждать, что $\Gamma \notin \Gamma$? Если нет, то Γ удовлетворяет определению и, значит, $\Gamma \in \Gamma$ – парадокс! Парадокс опасен тем, что позволяет, в вычислительном плане, вывести любые утверждения: в математической логике импликация $A \Rightarrow B$ всегда верна, если A ложно.

Объектно-ориентированные языки, Джава, Питон и Си++, широко используют принадлежность (через наследование классов), но по определению от подобного парадокса избавлены – через понятие типа, приписываемого любым переменным и классам в этих языках.

Но главное ограничение – эмпирический характер майнинга данных, рабское следование за данными.


























Проиллюстрирую на примере проблемы пост-обработки результатов поиска в Гугле. К настоящему времени существует некоторое количество кластерных программ, которые делают кластер-анализ некоторого количества страниц, выданных одной или многими поисковиками в ответ на запрос – кластеры формируются на основе анализа необычно частых словосочетаний. Одна из таких программ называется iBoogie. Она формирует иерархию кластеров. Например, по запросу “cluster” было выдано примерно следующее.

iBOOGIE Clustering Engine

QUERY: cluster

The screenshot displays the iBoogie Clustering Engine search results for the query "cluster". On the left, a vertical sidebar lists various clusters, each with a red 'x' icon and a small thumbnail. The clusters include: "All results", "Groups", "Servers", "Free encyclopedia - cluster wikipedia", "Definition of cluster", "Online dictionary", "Servers", "Computer", "Cluster computing", "leee international conference on cluster computing", "Cluster munitions", "Cluster munitions Ban", "Convention banning cluster munitions", "Lebanon ratified cluster munitions Ban", "States", "Treaty", "Music", "Pictures - videos", and "Cluster discography".

On the right, a grey box indicates that the selected cluster, "Cluster munitions", contains 7 results out of 0 found. Below this, the search results are displayed as a list of links with thumbnails. The first result is "Deputy UN chief urges more States to join cluster munitions ban", dated 9 November 2010, with a URL: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=36711>. The second result is "Cluster Munitions Treaty: Strong Interpretation Crucial", dated on Nov 9, 2010, with a URL: <http://yubanet.com/world/Cluster-Munitions-Treaty-Strong-Interpretation-Crucial.php>. The third result is "Lebanon Ratifies Cluster Munitions Ban", dated on November 9, 2010, with a URL: <http://yubanet.com/world/Lebanon-Ratifies-Cluster-Munitions-Ban.php>. The fourth result is "Cluster Muniton Coalition", with a description: "The Cluster Muniton Coalition (CMC) is an international civil society campaign working to ban cluster munitions and put an end for all".

-  [Resource](#)
-  [Servers](#)
-  [Encyclopedia](#)
-  [Free encyclopedia - cluster wikipedia](#)
-  [Physics - cluster chemistry](#)
-  [Online encyclopedia](#)
-  [Science cluster](#)
-  [Details - cluster spacecraft](#)
-  [Technology](#)
-  [Cluster systems](#)
-  [Hardware](#)
-  [Space](#)
-  [Overview](#)
-  [Laos](#)
-  [World](#)
-  [Cluster bomb](#)
-  [Cluster software](#)
-  [Cluster headache](#)
-  [Network - technology](#)
-  [Community](#)
-  [Documentation](#)
-  [Star clusters](#)
-  [Reference - mysql cluster](#)
-  [Field](#)
-  [Series](#)
- [More...](#)

time to the suffering caused by these ...
<http://www.stopclustermunitions.org/> - Bing-Search

[Lebanon Ratifies Cluster Munitions](#)

[Ban | Human Rights Watch](#)

(Beirut) - Lebanon ratified the international convention banning **cluster munitions** on November 5, 2010, just ahead of the opening of the convention's first formal meeting ...
<http://www.hrw.org/en/news/20...ratifies-cluster-munitions-ban> - Bing-Search

[Convention on Cluster](#)

[Munitions](#)

The Convention on **Cluster Munitions** . The Convention on **Cluster Munitions**, CCM, prohibits all use, stockpiling, production and transfer of **Cluster Munitions**.
<http://www.clusterconvention.org/> - Bing-Search

[Meeting on Cluster Munitions Opens](#)

[in Laos, the World's Most ...](#)

Laos is more contaminated by **cluster munitions** than any other country in the world. It is therefore symbolic that Laos is hosting the historic First Meeting of States Parties ...
<http://salem-news.com/article...r102010/cluster-bombs-laos.php> - Bing-Search

Result Page: **1**

Вот сравнение выдач iVoogie за два дня, 9 и 10 ноября.
 См. файл ибуги2_7

Как видно, ото дня ко дню состав кластеров меняется, да и сами кластеры меняются – одни исчезают, другие появляются – кластеры текучи, как информация, на основе которой они делаются.

Невозможно делать искусственный интеллект, опираясь только на одну ногу – будь то интенциональный аспект или экстенциональный аспект. Оба должны быть представлены в серьезной мере. Кажется, именно сейчас наступает этап такого синтеза – этап, связанный с развитием онтологий как вычислительных систем хранения, поддержки и обновления знаний. Как видим, определенная связь с понятием онтологии в философии познания имеется. Хотя не надо быть слишком строгим – ведь используют же математики такие слова как группа, поле, кольцо для своих абстрактных конструкций – и никто не предъявляет им претензий.

Этап онтологий (2007 –)

Ограниченность майнинга данных как магистрального пути к машинному интеллекту очевидна из того, что он не замахивается, по крайней мере сейчас, на описания сколь-нибудь сложной системы организации связи между понятиями.

Онтология – это некоторая система совокупностей понятий, с явно заданными отношениями между понятиями как внутри совокупностей (обычно – иерархии), так и между, а также утверждениями и фактами об этих понятиях.

ПРИМЕР: SNOMED CT Systematized Nomenclature of Medicine — Clinical Terms

SNOMED CT Систематизированная медицинская номенклатура Клинические Термины

Обширная медицинская терминология сотен тысяч концептов. Релевантна для заказа, получения и анализа результатов лабораторных исследований.

СНОМЕД – это многоаспектная иерархическая классификационная система.

Совокупности понятий, организованные в СНОМЕД иерархии:

T (топография — анатомические термины),

M (морфология — клетки, ткани, органы)

L (living — тип живого организма: бактерия, и пр.)

C (chemical — химия, лекарства)

F (функции — признаки и симптомы)

J (род занятий)

D (диагностические термины)

P (процедуры — административные, диагностические, терапевтические)

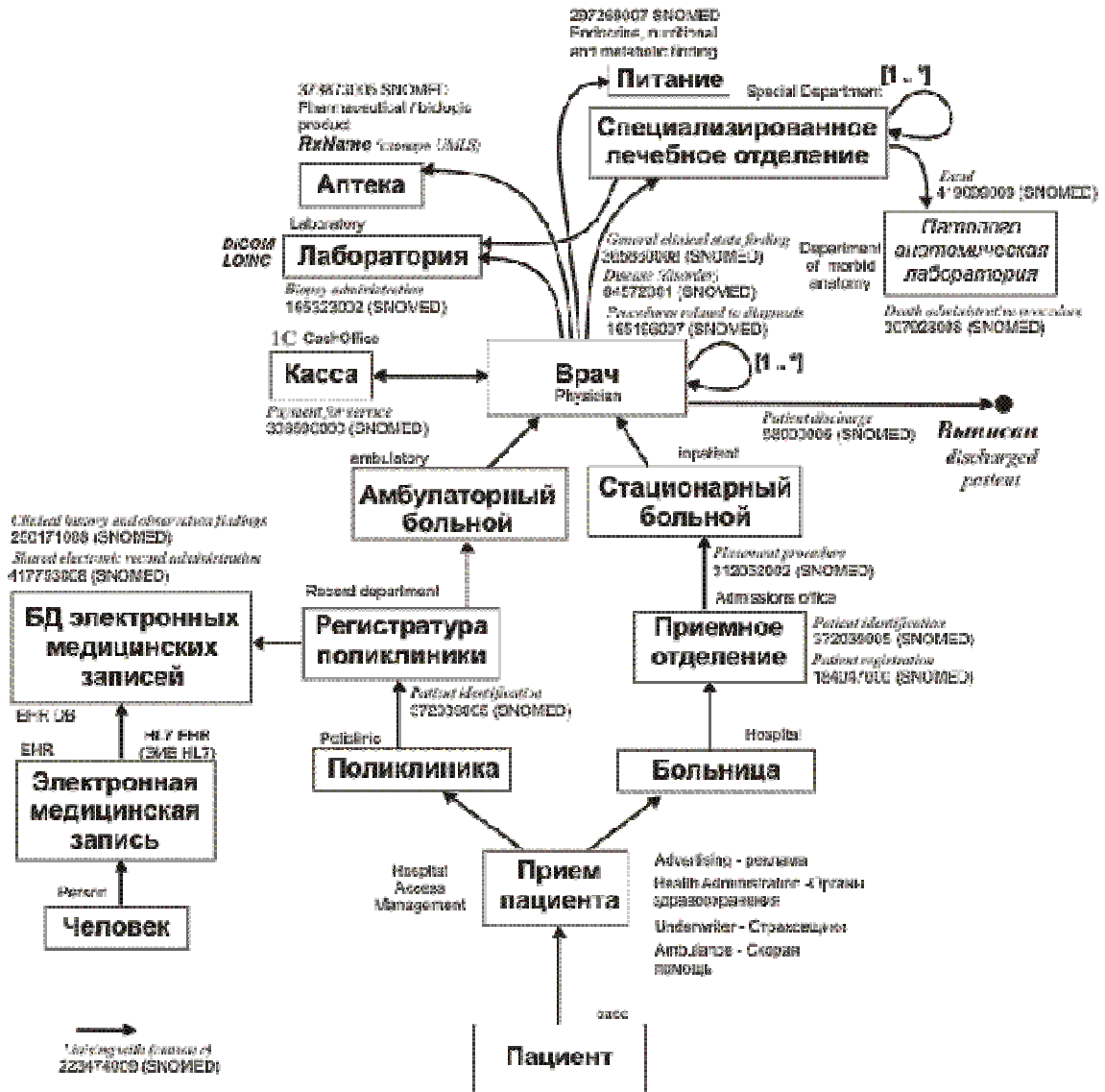
A (агенты, силы, приборы связанные с болезнью)

S (социальный контекст в медицине)

G (general — синтаксические связи и определители)

Структура больницы в кодах SNOMED

Hospital Structure



Ведутся работы по автоматизации пополнения, построения и использования онтологий.

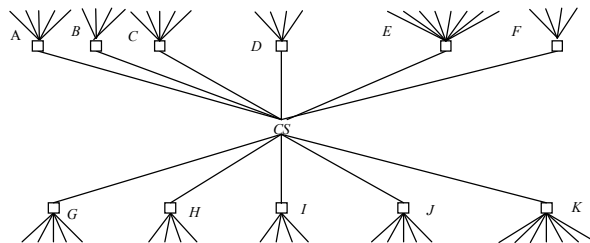
Приведу пример из работы Mirkin, Nascimento, Fenner, Pereira (2010) об использовании иерархической классификации понятий информатики, разработанной Всемирной Ассоциацией Вычислительных Машин (Association of Computing Machines – Classification of Computing Subjects [ACM-CCS]) для анализа деятельности научных организаций в области информатики.

Представление деятельности научной организации в онтологии предметной области

Онтология информатики: ACM-CCS

ACM-CCS Тахоному – Верхний уровень, 11 категорий

- A. General Literature
- B. Hardware
- C. Comp. Sys. Organization
- D. Software
- E. Data
- F. Theory of Computation
- G. Maths of Computing
- H. Information Systems
- I. Computing Methodologies
- J. Computer Applications
- K. Computing Milieux



1

ACM-CCS Тахоному - Уровень 2, 9 категорий

- I. Computing Methodologies
 - I.0 GENERAL
 - I.1 SYMBOLIC AND ALGEBRAIC MANIPULATION
 - I.2 ARTIFICIAL INTELLIGENCE
 - I.3 COMPUTER GRAPHICS
 - I.4 IMAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION
 - I.5 PATTERN RECOGNITION
 - I.6 SIMULATION AND MODELING (G.3)
 - I.7 DOCUMENT AND TEXT PROCESSING (H.4, H.5)
 - I.m MISCELLANEOUS

8

ACM-CCS Taxonomy - Уровень 3, 7 категорий

I.5 PATTERN RECOGNITION

- o I.5.0 General
- o I.5.1 Models
- o I.5.2 Design Methodology
- o **I.5.3 Clustering**
- o I.5.4 Applications
- o I.5.5 Implementation ([C.3](#)) - горизонтальная ссылка
- o I.5.m Miscellaneous

9

ПРОБЛЕМА

ПРЕДСТАВИТЬ:

- Исследовательскую деятельность департамента или центра Информатики

ВЕРХНИМИ УРОВНЯМИ

- ACM Классификации Информатики (ACM-CCS)

10

ЗАЧЕМ? Объективный целостный портрет организации:

- **Позиционирование** организации в ACM-CCS таксономии
- **Анализ структуры** тематики организации
- **Обозрение проблемных** узлов, не вписывающихся в структуру таксономии
- **Обзор регионального** развития (с количественными характеристиками эффективности и недо- и/или переоснащенности)
- **Планирование** реорганизации и развития

11

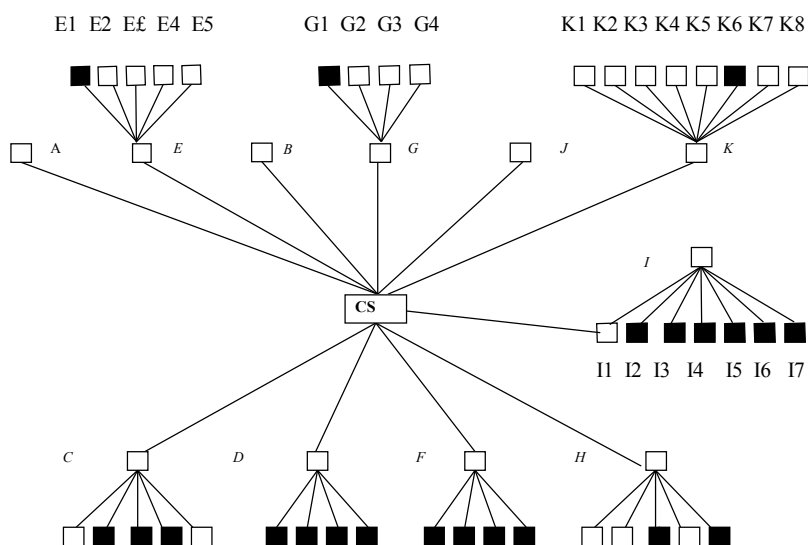
Иллюстрация: Центр СЕНТРИА
(Новый университет Лиссабона) в
терминах среднего уровня ACM-CCS
Таксономии:

Разрабатывается

26 ACM-CCS тем из общего числа 81

12

Традиционный подход - пометить темы в таксономии: **темы есть, системы нет**



13

Добиться системности I:

Объединить темы АСМ-ССS в кластеры по общности разрабатывающих их групп

Для этого:

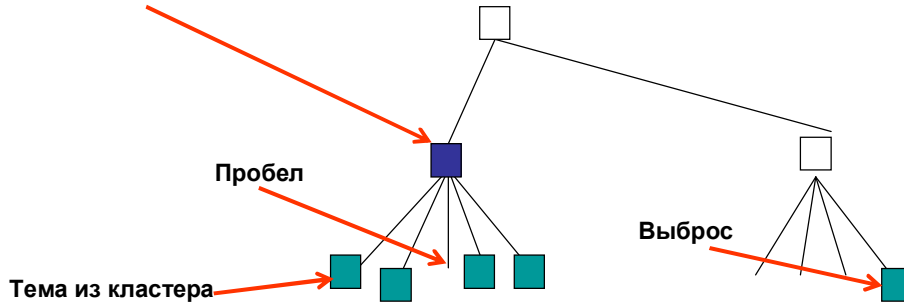
- Собрать данные о тематике каждого индивидуального проекта
- Оценить сходство между темами по сходству разработчиков
- Сформировать тематические (нечеткие) кластеры

14

Добиться системности II:

Тематические кластеры представить в ACM-CCS более общими категориями в зависимости от нестыковок (лифт)

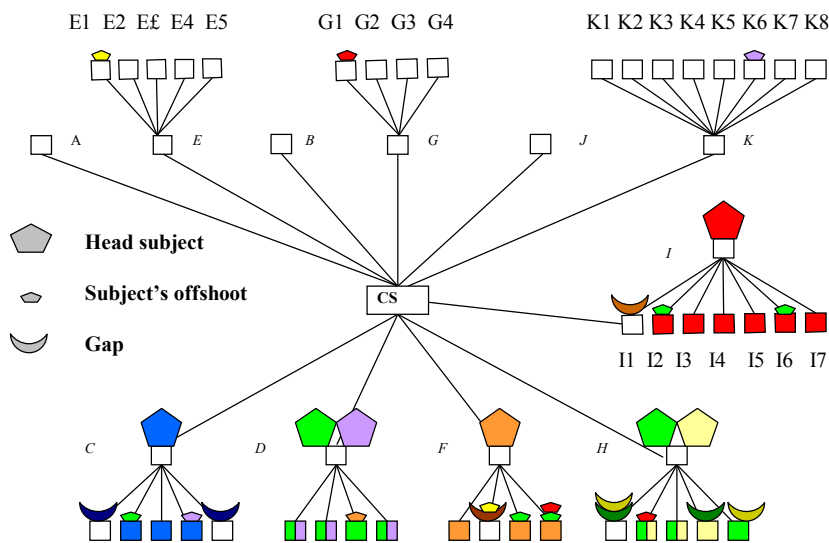
Головная тема



Минимизировать: $N \cdot \text{ГолТем} + G \cdot \text{Пробел} + O \cdot \text{Выброс}$ ¹⁵

- C. Computer Systems Organization ■ D. Software and H. Information Systems
- F. Theory of Computation ■ D. Software ■ H. Information Systems

■ I. Computing Methodologies



Центр СЕНТРИА (Новый университет Лиссабона)

- **Структура:** Шесть перекрывающихся кластеров
- **Позиционирование:** пять Головных тем (с соответствующими выбросами и пробелами)
- **Проблемный узел:** Кластер с двумя Головными темами – возникновение Software Engineering, не отраженное в ACM-CCS Taxonomy

17

Заключение: метод кластер-лифт

- Систематическое представление структуры деятельности **головными темами, пробелами и выбросами** на соответствующей таксономии
- Инструмент анализа и планирования
 - **Профиль** организации
 - **Интегральное представление** региональной структуры деятельности
- Необходима организация сбора данных
 - Через опрос
 - Через анализ документов – проектов, статей, и пр., включая Интернет (языковой барьер) – предстоит
- Работа по организации приложений

18

Заключение

Мы в самом начале увлекательнейшего этапа – синтез индуктивного и дедуктивного подходов.

Основные вехи, через которые, по-видимому, предстоит пройти:

- онтологии наиболее популярных областей человеческой деятельности

- системы понимания текстов

- моделирование обобщения

- моделирование понимания

- моделирование принятия решений

.....

И вот тогда-то мы узнаем, наконец, может ли машина мыслить, если не будет поздно.