Медицинская информатика: исследовательские и образовательные аспекты

С.О. Кузнецов,

А.А. Незнанов,

С.О. Пьяных

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Медицинская информатика

- **Медицинская информатика (МИ)** [Medical informatics]
  - Наиболее общее определение: **the discipline, dedicated to the systematic processing of data, information and knowledge in medicine and health care**
  - Включает также: **Клиническая информатика** [Clinical Informatics], **Оптимизация ухода за пациентами** [Nursing Informatics]
  - Примыкает к: **Биоинформатика** [Bioinformatics]
- Официальная история начинается в 1967 году с создания International Medical Informatics Association (IMIA)
- С конца 1990-х годов – специализации в ведущих университетах (например, Гарвардской медицинской школе)
  - В соответствии с новыми стандартами и сертификационными программами (например, Board Certified in Clinical Informatics)
- Число публикаций за последние пять лет – более 12000 статей только по базам Springer Link и Elsevier Science Direct!

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Основные драйверы развития МИ

- Программируемые электронно-вычислительные машины (компьютеры)
- Телекоммуникационные технологии
- Базы данных
- Онтологическое моделирование и базы знаний
- Робототехника
  - (телеприсутствие, робо-хирурги, роботизированные аптеки, …)
- Молекулярная биология и фармацевтика
- Средства объективной диагностики пациентов с выдачей показателей в цифровом виде
- Доказательная медицина
- Формализация стандартов медицинской помощи
- Генетика и персонализированная медицина

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Цель и примеры задач МИ

- Основная цель МИ – повышение качества здравоохранения за счет применения современных алгоритмов анализа и обработки данных
- Задачи
  - Повышение качества медицинских данных (без дополнительной нагрузки на пациента)
  - Менеджмент и управление операциями в клинике
  - Принятие решений
  - Факторный анализ результатов клинического исследования
  - Компьютерная диагностика
  - Математическое моделирование
  - Интеграция и стандартизация
  - Конфиденциальность и обмен данными
  - …

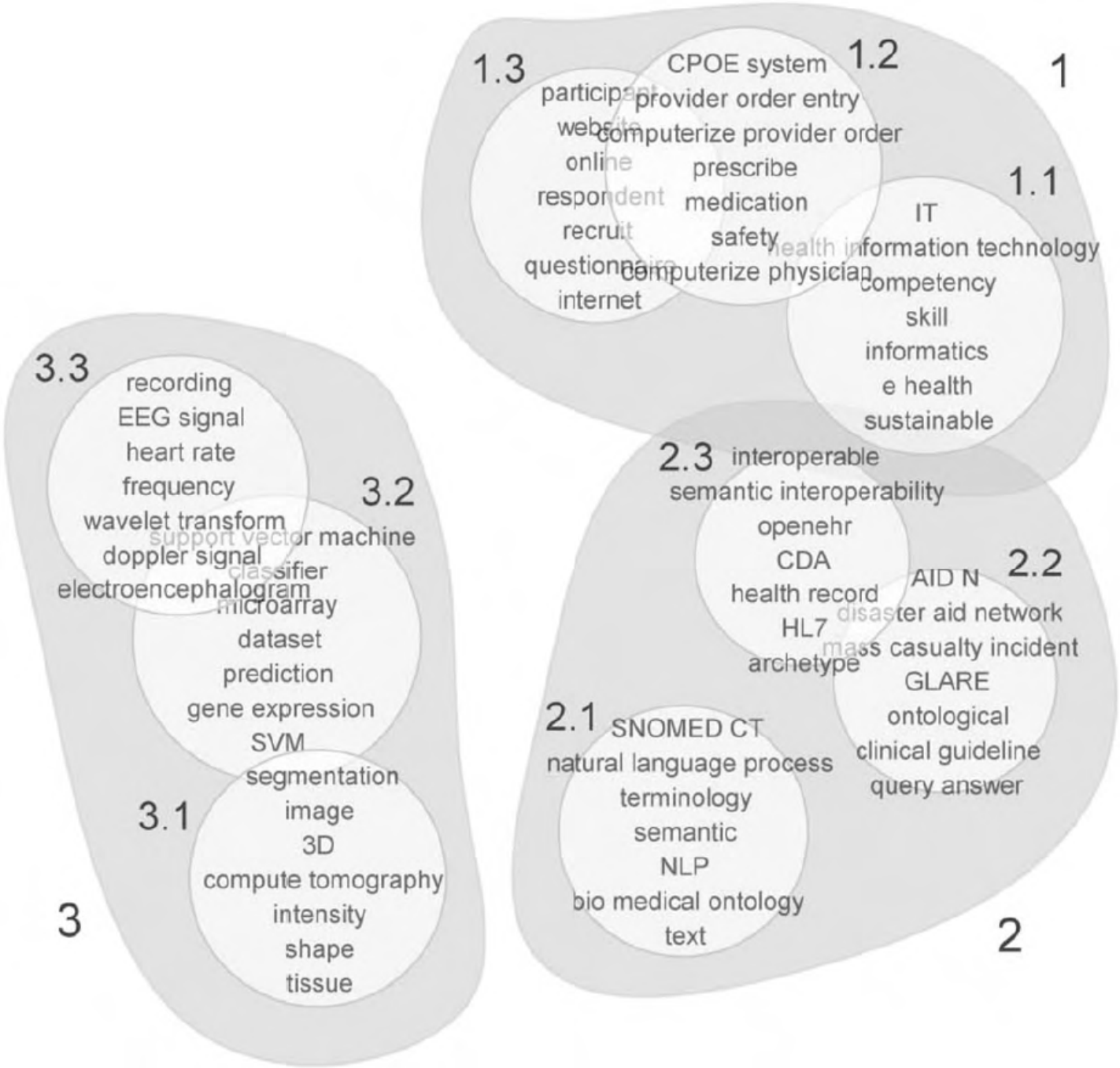
© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Основные проблемы

- Многоуровневое регулирование сферы здравоохранения => непроизводительные затраты и время
- Жесткие требования надёжности и информационной безопасности => повышение стоимости и понижение удобства
- Трудность пилотного развёртывания решений
- Огромная косность мышления и кадровые проблемы
- Отсутствие ясно выраженных плюсов к дальнейшему развитию большинства методов для большинства врачей и медперсонала после решения локальных критических проблем
- Интеграция большого числа разнородных компонентов МИС

- **НО!** Наличие явных плюсов и синергетический эффект от комплексного внедрения решений!

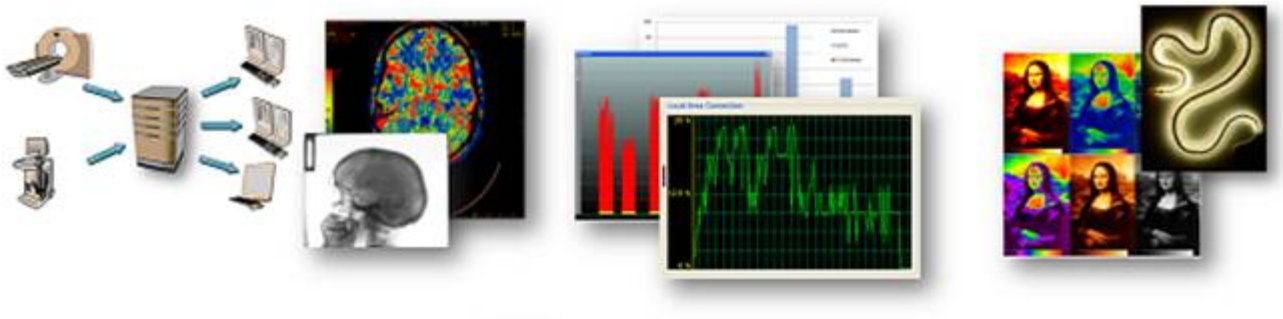
© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Образовательные аспекты: области знания

- **Математика** (медицинская статистика, методы оптимизации, анализ временных рядов, …)
- **Анализ данных** и методы искусственного интеллекта (майнинг данных, визуализация данных, машинное обучение, компьютерная лингвистика, рекомендательные системы, онтологичекое моделирование)
- Программная инженерия (МИС)
- Робототехника
- Менеджмент и оптимизация бизнес-процессов



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Медицинские информационные системы

- **Базовые медицинские системы (МИС)** – управление историями болезни и карточками пациентов (Electronic Healthcare Records)
- **Лабораторные информационные системы** – автоматизация лабораторных исследований
- **Системы диагностики реального времени** – поддержка реанимационных мероприятий и др.
- **Системы поддержки принятия врачебных решений** – экспертные системы в клинической практике
- **Системы трансфузиологии** – управление донациями и компонентами крови
- **PACS-системы** – накопление и анализ мультимедийных диагностических данных
- **Клинические регистры** – сопровождение рандомизированных клинических исследований
- **Телемедицинские системы** – организация удалённой коллективной работы, телеконференций, телеприсутствия
- И многие другие …

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Онтологическое моделирование в медицине

- Важнейшее направление – базис нового поколения баз знаний и систем анализа медицинских данных
- Развивается во всех предметных областях – от общей терминологии и связи базовых понятий медицины (метаонтологии) до заболеваний, симптомов, возбудителей, лекарственных препаратов и их компонентов, методов лечения, геномных маркеров и т.д.
- Многие онтологии свободны и доступны для непосредственного использования через web-сервисы или пользовательские web-интерфейсы

- Приведём лишь несколько примеров

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Базовые метаонтологии

- Unified Medical Language System (UMLS) Metathesaurus (http://www.nlm.nih.gov/research/umls/quickstart.html)
  - Интегратор источников данных, предметных онтологий и метаонтологий
- SNOMED Clinical Terms (http://www.ihtsdo.org/snomed-ct)
- Medical Subject Headings (MeSH) (http://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html)
- MedDRA текущая версия 17.1 (http://www.meddra.org)
- HL7 Reference Information Model (http://www.hl7.org/implement/standards/rim.cfm)
- …
- Инструменты группы Medical Ontology Research (http://mor.nlm.nih.gov)

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Классификаторы и онтологии заболеваний

- *Болезни (Diseases)* – важнейшая область онтологического моделирования,с точки зрения классификации – класс проблем со здоровьем, который можно выделить с точки зрения причин, симптоматики, последствий и способов лечения

- International Classification of Diseases and Related Health Problems, ICD – 10 пересмотр, сейчас готовится 11 пересмотр (http://www.who.int/classifications/icd)
- ICD-O (Oncology) – 3 пересмотр (http://www.who.int/classifications/icd/adaptations/oncology)
- Международная классификация болезней, МКБ
  - Перевод ICD с некоторыми странными несоответствиями
- The Disease Ontology (http://disease-ontology.org)
- …

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Другие предметные онтологии

- FDA Substance Registration System – Unique Ingredient Identifier (http://fdasis.nlm.nih.gov/srs/srs.jsp)
- RxNorm – нормализованные названия лекарственных препаратов (http://www.nlm.nih.gov/research/umls/rxnorm/index.html)
- Anatomical Therapeutic Chemical (ATC) classification system (http://www.whocc.no/atc_ddd_methodology)
- Drug Interactions Checker (http://www.drugs.com/drug_interactions.php)
- Gene Ontology Consortium (http://geneontology.org/)
- …

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

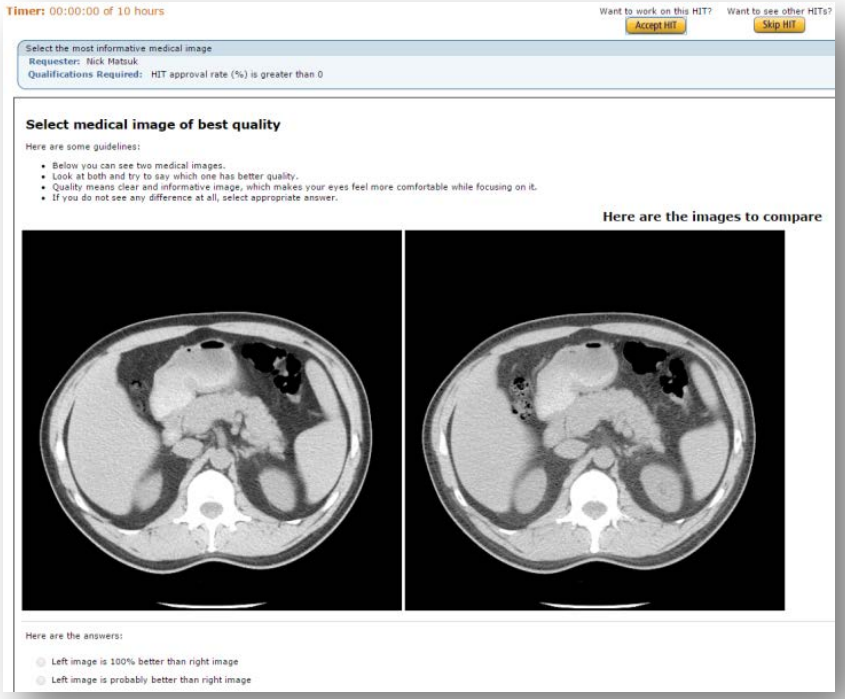
Проекты ДАДиИИ НИУ ВШЭ

- Департамент **анализа данных и искусственного интеллекта** факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ (http://cs.hse.ru/ai)
  - Направление подготовки «Прикладная математика и информатика»
  - Магистерская программа «**Науки о данных**» [Data Science]
    - Дисциплины «Введение в медицинскую информатику», «Практикум по анализу данных в медицине»
- Проекты по анализу данных в медицины
  - Структурированных данных диагностики и назначений
  - Текстов на естественном языке – историй болезни, осмотров и т.п.
  - Мультимедийных данных
- Проекты по оптимизации бизнес-процессов в медицине
- Проекты по развитию медицинской статистики и поддержке рандомизированных клинических исследований

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 1: Улучшение качества изображений

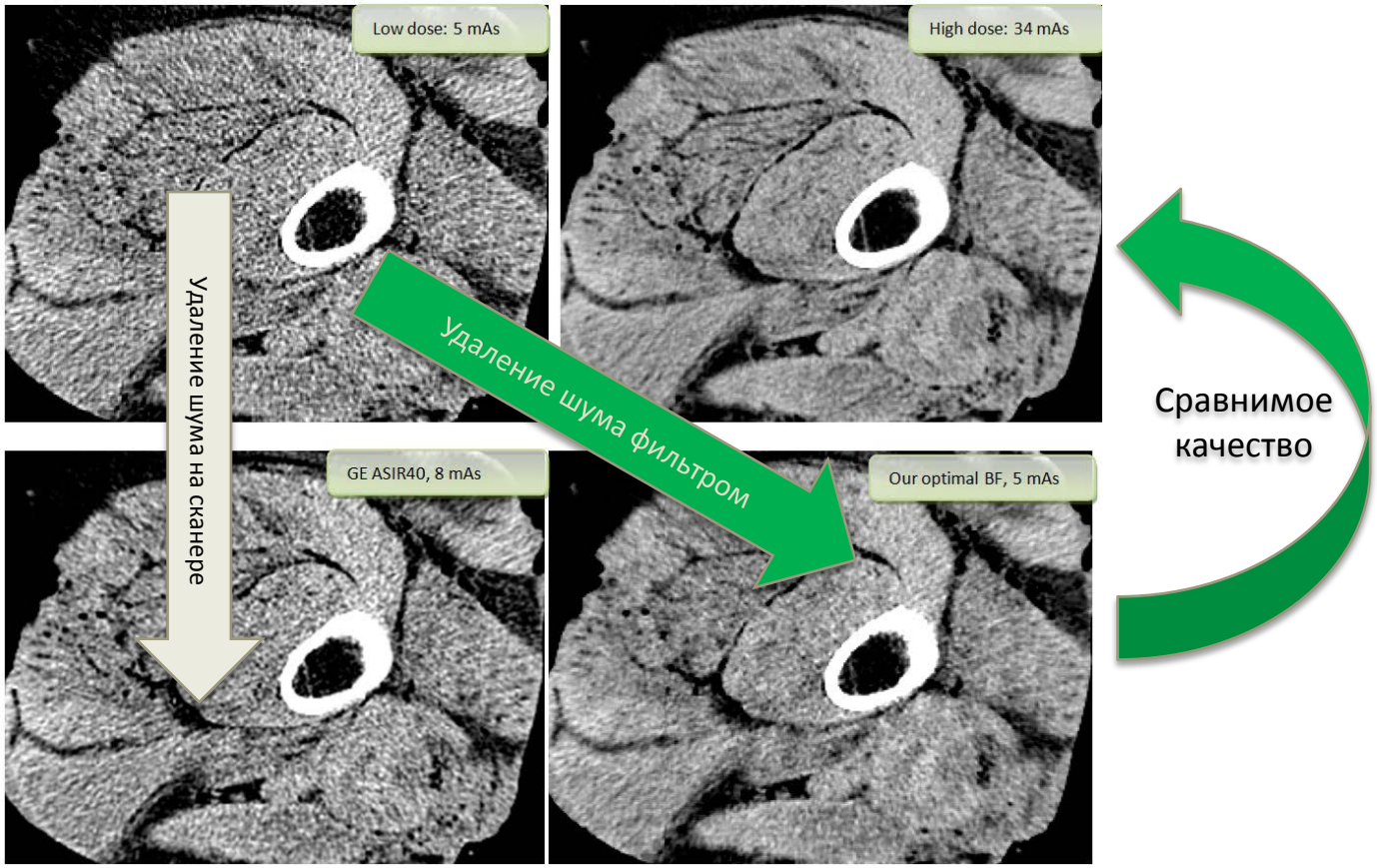
- Улучшение качества включает в себя:
  - Минимизацию побочных эффектов для пациента
  - Создание алгоритмов для повышения «веса» наиболее диагностически-важных факторов в снимке
  - Анализ факторов восприятия качества снимка человеком



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 1: Улучшение качества изображений

- Удаление шума для понижения дозы радиации при сканировании пациента:



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

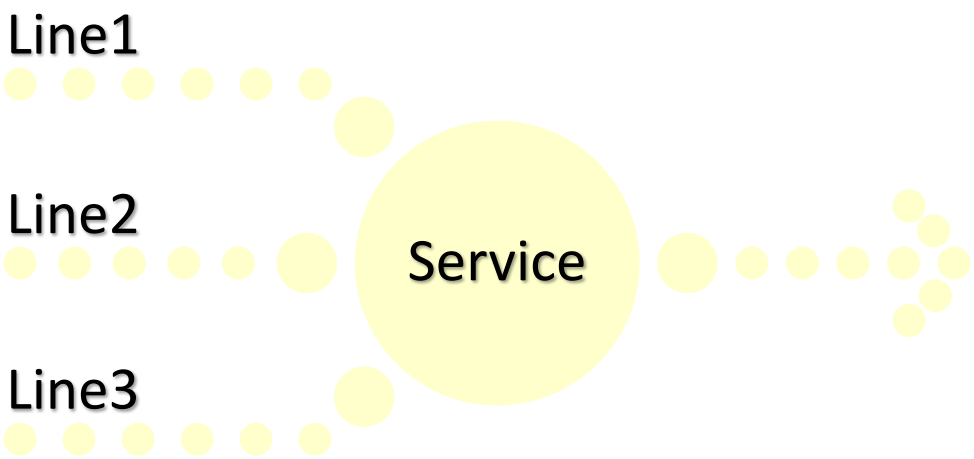
Проект 1: Улучшение качества изображений

- Улучшение диагностического качества изображений

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 2: Управление операциями

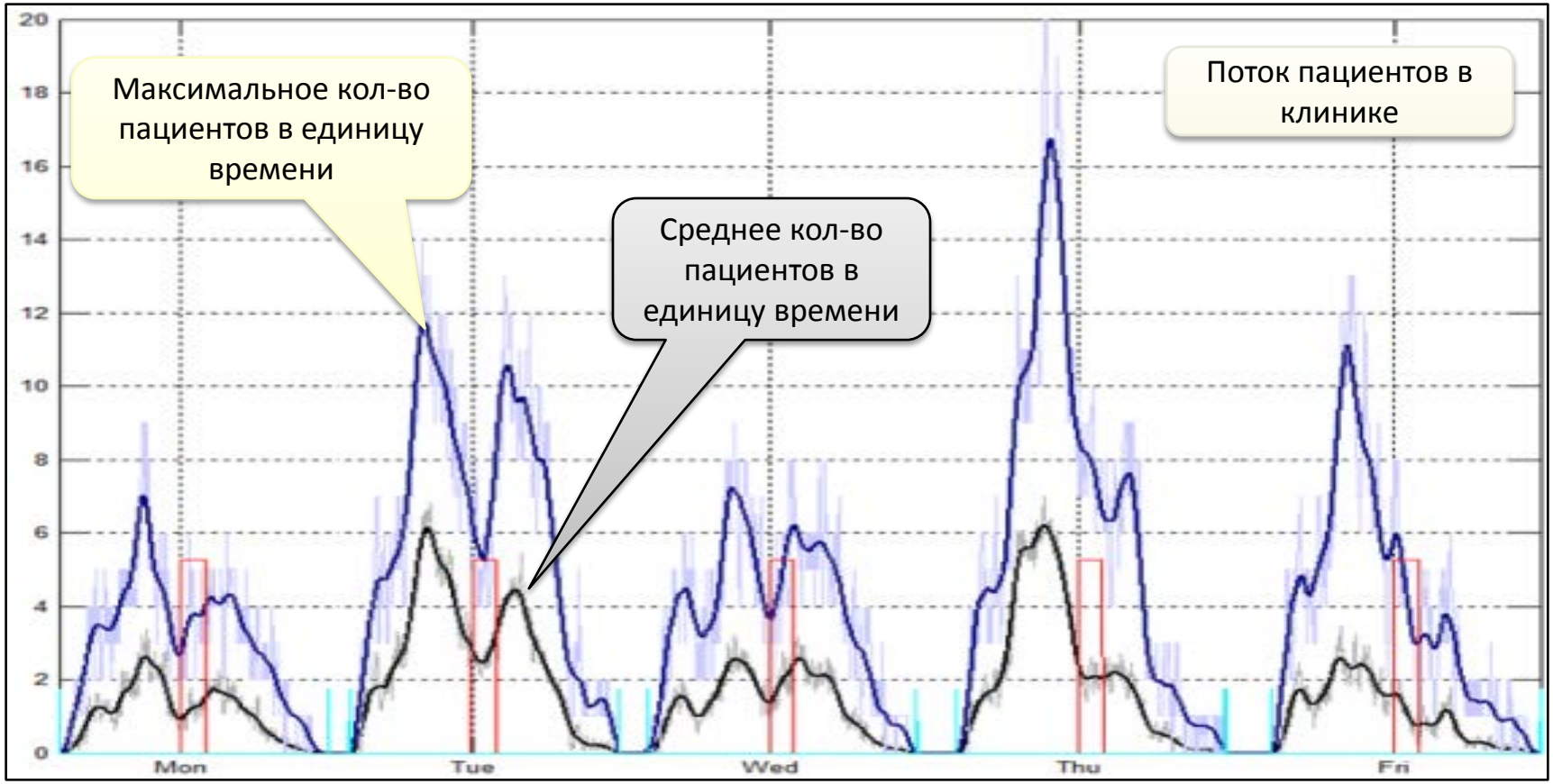
- Современная клиника – это сложная «фабрика» по оказанию медицинских услуг
- МИ помогает анализировать и оптимально управлять различными процессами в клинике
- Одно из направление – моделирование различных этапов обслуживания



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 2: Управление операциями

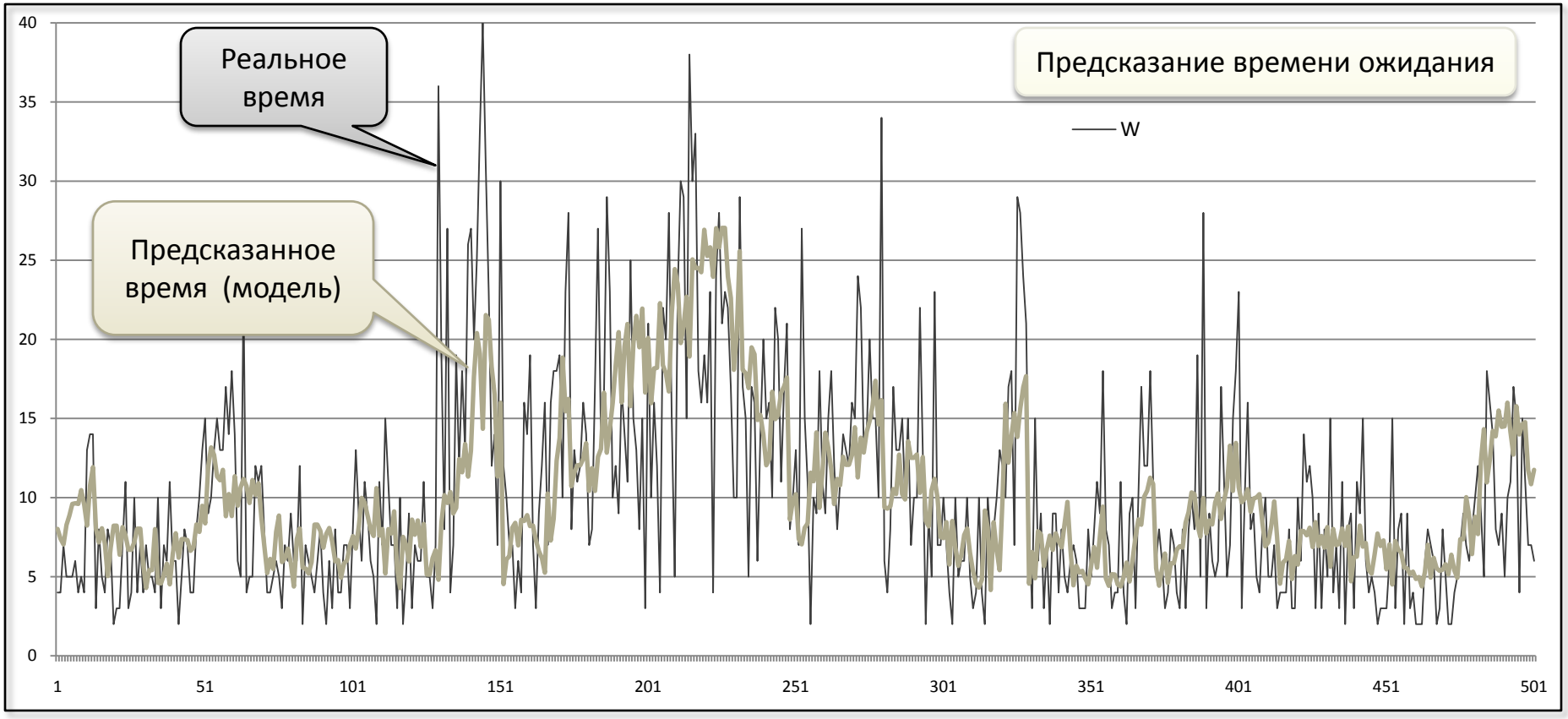
- Пример – моделирование потока пациентов. Например, можем ли мы предсказать время ожидания пациента?
- Сложная, нелинейная задача:



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

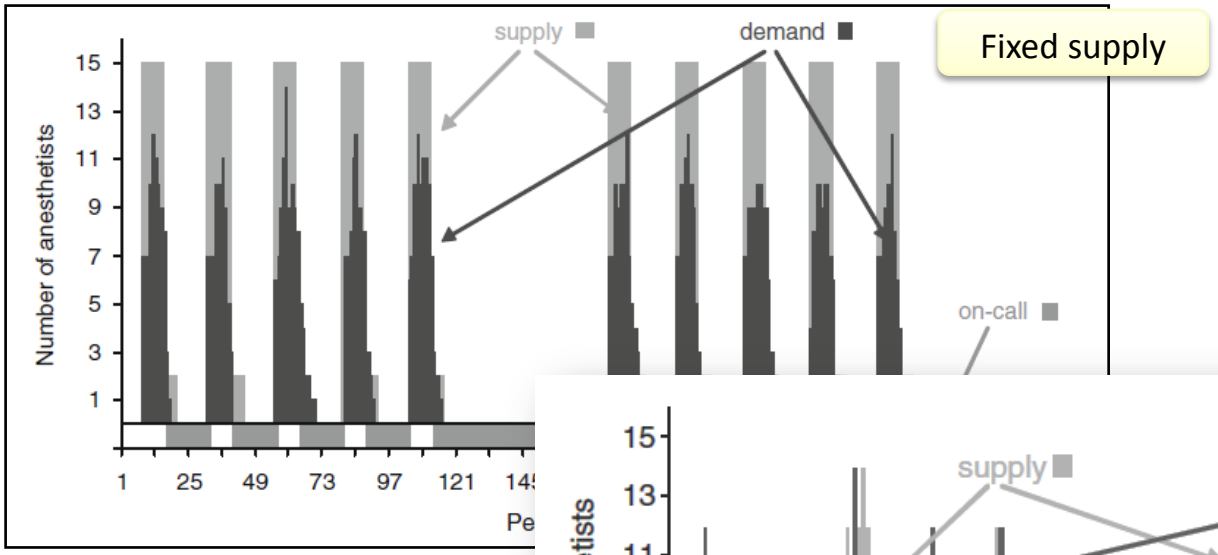
Проект 2: Управление операциями

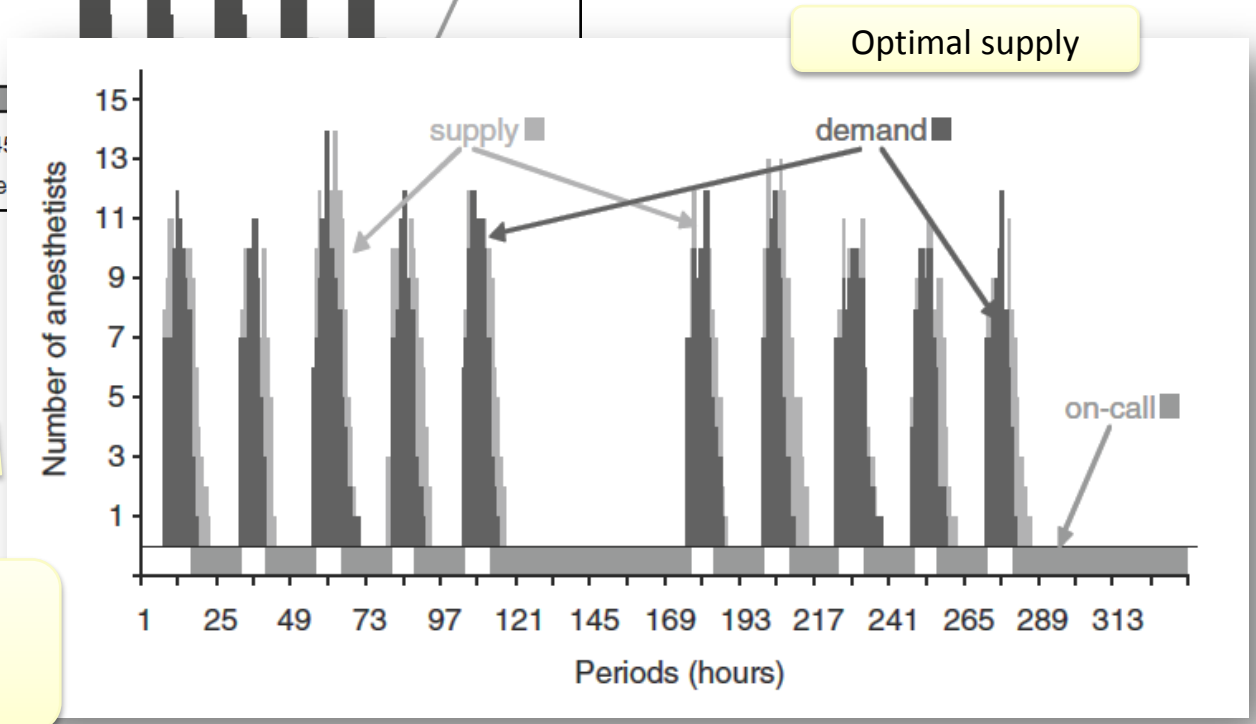
- Построенная модель и предсказанное ею время ожидания пациента:



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Оптимизация выделения ресурсов





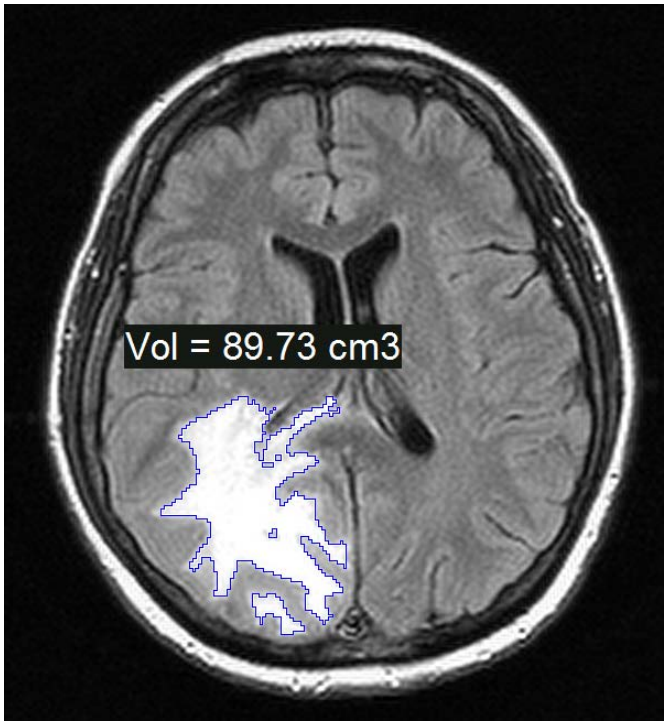
Задачи целочисленного линейного/нелинейного программирования

See:
Brunner JO, Bard JF, Kolisch R., "Flexible shift scheduling of physicians", Health Care Manag Sci. 2009 Sep;12(3):285-305.

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 3: Сегментация изображений

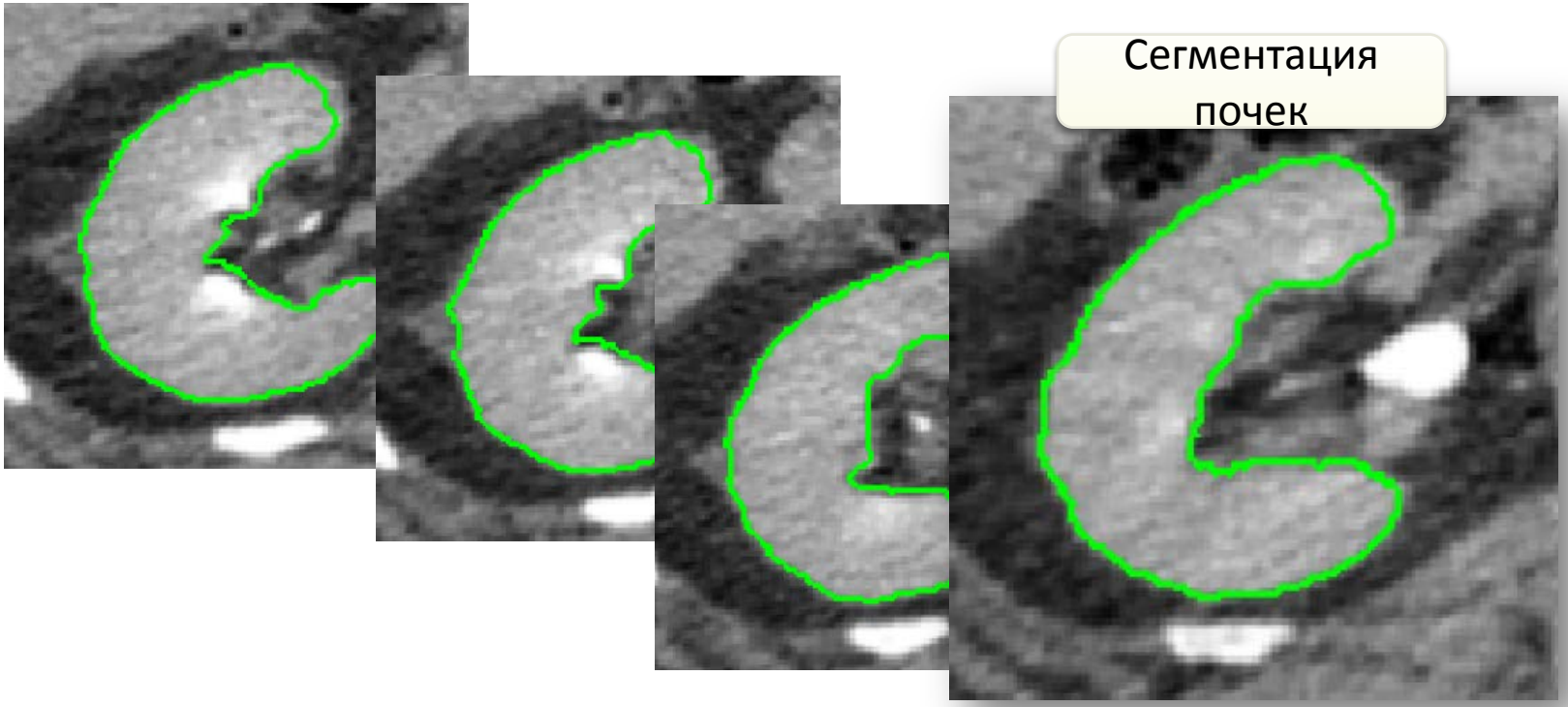
- Большой объем медицинских данных требует автоматических алгоритмов сегментации – разделения данных на области и анатомические органы
- Задача должна решаться в реальном времени, устойчиво к шуму и артефактам



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 3: Сегментация изображений

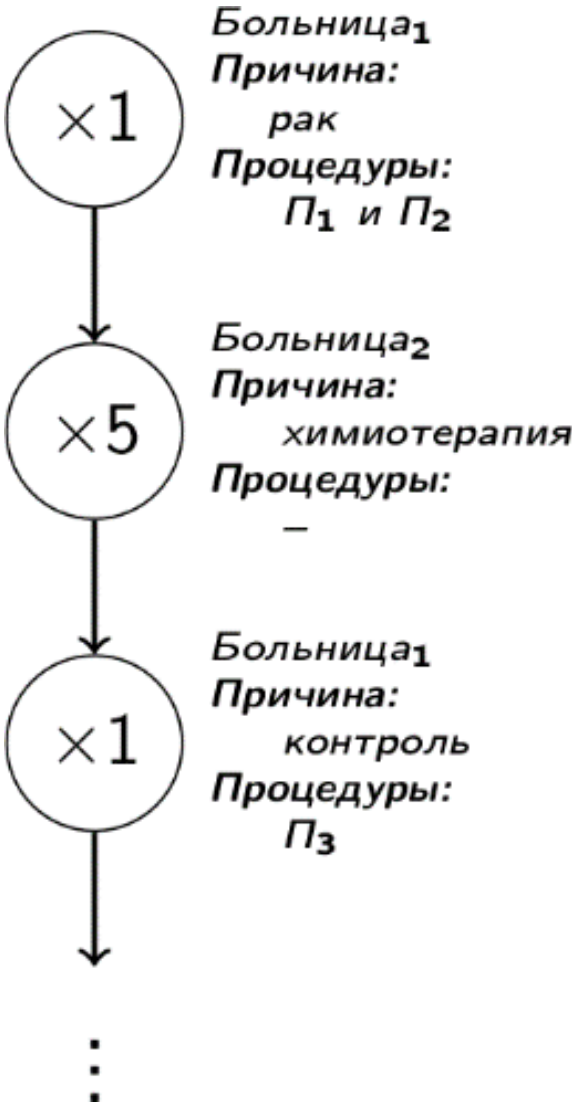
- Интерактивные алгоритмы сегментации помогают врачу быстро и надежно определить 3D-границы интересующей области:



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 4. Оптимизация госпитализаций

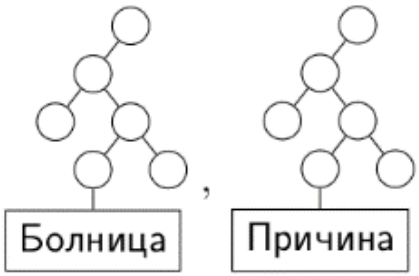
- Существует много процессов, которые могут быть оптимизированы только при участии эксперта
- Эксперт заинтересован в моделях анализа, которые:
  - Просто интерпретируются
  - Уточняются (детализируются) на нескольких уровнях
  - На верхнем уровне имеют небольшой размер (обозримы)
  - Строятся за разумное время
- Пример – модель траекторий госпитализаций пациентов
  - Большое число параметров и скрытого знания



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Проект 4. Оптимизация госпитализаций

- Траектории госпитализаций изучаются с помощью «**узорных структур**» [Pattern Structures] – формализма теории анализа формальных понятий

Пациент	Траектория госпитализаций
p_1	$\ldots$
$\ldots$	$\ldots$
p_i	$\langle \ldots; [$  $, \{\text{Мед.Проц.}_1, \text{Мед.Проц.}_2, \ldots\}, [\text{Повторение}]] ; \ldots \rangle$
$\ldots$	$\ldots$
p_j	$\langle [H_1, \text{Рак}, \{P_1, P_2\}]; [H_1, \text{Хим.Подг.}, \{P_3\}]; [H_2, \text{Химио}, \{\}] * [18] \rangle$
$\ldots$	$\ldots$
p_n	$\ldots$

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

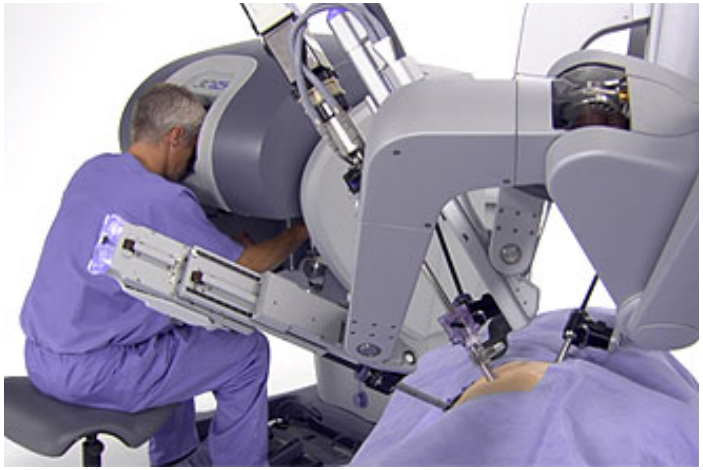
Проект 5. Математическое сопровождение рандомизированных клинических исследований

- Основа **доказательной медицины** и значимый раздел **клинической информатики**
- Базируются на **медицинской статистике** и различных **регистрах**
- Стандартизованы и обладают развитой **методологией** (http://acto-russia.org)
- Поддерживаются развитыми **базами данных и знаний**
  - Например: http://www.controlled-trials.com, http://www.clinicaltrials.gov
- Актуальные задачи
  - Эффективное сопровождение мультицентровых исследований
  - Оптимизация дизайна исследования
  - Повышение эффективности анонимизации и ослепления
  - Новые методы анализа результатов
  - Мета-анализ

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Выводы

- Медицинская информатика всё более востребована в здравоохранении как **прикладная дисциплина**, ориентирующая на достижение реального результата
  - **Интересные приложения** математики, информатики, менеджмента, …
- Новые технологии открывают новые возможности
  - Изменения методологии, методов и инструментов



© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Вопросы?

- Контакты
  - Заведующий департаментом анализа данных и искусственного интеллекта факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ, д.ф.-м.н. ***Кузнецов Сергей Олегович***
    - E-Mail: skuznetsov@hse.ru
  - Доцент департамента анализа данных и искусственного интеллекта ФКН НИУ ВШЭ, заведующий информационно-аналитическим отделом ФНКЦ ДГОИ им. Д. Рогачева, к.т.н., доц. ***Незнанов Алексей Андреевич***
    - E-Mail: aneznanov@hse.ru, alexey.neznanov@fnkc.ru
  - Профессор департамента анализа данных и искусственного интеллекта ФКН НИУ ВШЭ, преподаватель Медицинской школы при Гарвадском Университете и постоянный участник рабочей группы Международного Комитета DICOM, PhD ***Пьяных Олег Станиславович***
    - E-Mail: opianyh@hse.ru, opiany@gmail.com

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Что такое ФНКЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева?

- Федеральный научно-клинический центр детской ГЕМАТОЛОГИИ, ОНКОЛОГИИ И ИММУНОЛОГИИ им. Д. Рогачева
  - Крупнейший в Европе центр по лечению и исследованию онкологических заболеваний детей и подростков
  - Под руководством ведущих специалистов ФНКЦ ДГОИ ведётся разработка и внедрение эффективных протоколов терапии заболеваний крови, злокачественных новообразований, патологий иммунной системы и других тяжелых заболеваний детского возраста
  - Для повышения эффективности лечения и организации научных исследований в ФНКЦ ДГОИ активно разрабатываются и внедряются современные информационные системы и технологии

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014

Что такое ФНКЦ для специалиста в ИТ?

- Исключительно сложные больные с опасными заболеваниями
  - Их судьба зависит от согласованности и эффективности работы всех врачей и сотрудников разных подразделений
  - Необходимость адекватного сопровождения больных и грамотной организации работы персонала (оптимизация основных и вспомогательных бизнес-процессов)
- С точки зрения информатизации, оптимизации и анализа данных
  - Сложность структуры (> 100 подразделений, > 1200 сотрудников)
  - Уникальность многих элементов для России
  - Совершенно новые информационные системы и пилотные проекты
  - Участие в федеральных проектах в области здравоохранения
  - Активная научно-исследовательская и образовательная деятельность

© С.О. Кузнецов, А.А. Незнанов, О.С. Пьяных, 2014