

Федеральная целевая программа
«Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технологического
комплекса России на 2014–2020 годы»

Соглашение
14.579.21.0092 от 28.11.2014

на период 2014–2016 гг.

Тема: *Разработка математических моделей и алгоритмов, направленных на создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений при выполнении лекарственных назначений на основе 4-значных логико-математических моделей с возможностью множественных интерпретаций*

Научный руководитель проекта:

д.ф.-м.н. С.Ф. Винокуров

Участники проекта

Получатель субсидии: ООО «Медицинские решения»

- Создано в 2009 году

- Осуществление научно- исследовательских и опытно-конструкторских работ в различных областях науки и техники;
- Разработка, консультации и реализация программных средств для обработки информации;
- Развитие и внедрение новых технологий в информатике и вычислительной технике

- Опыт аналогичных проектов

- Разработка общедоступной системы для накопления, систематизации и обмена знаниями и опытом в области здравоохранения (при содействии Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере)
- Исследование принципов автоматизации медицинского документирования на основе международного формата ISO/HL7 (при содействии Министерства образования и науки Российской Федерации)
- Разработка общедоступной системы для накопления, систематизации и обмена знаниями и опытом в области здравоохранения (при содействии Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере)

- Состав — 20 чел, из них 1 д.ф.-м.н., 2 к.т.н, 1 к.м.н.

Участники проекта

Индустриальный партнёр: ООО «НПЦ «1С»

ООО «НПЦ 1С» является ведущим предприятием группы компаний фирмы «1С» и специализируется на выполнении заказных НИОКР в области ИКТ.

Разработчик отраслевых решений: 1С:Медицина.Поликлиника, 1С:Медицина.Больница, 1С:Медицина.Клиническая лаборатория, 1С:Электронное обучение.

Соисполнитель (участник консорциума): Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» — МФТИ (ГУ).

Роль в проекте: выполнение научно-исследовательских, конструкторских и технологических работ, проведение комплекса испытаний, создание программного обеспечения.

Цели и задачи проекта

Цели:

- повышение качества персональных медицинских услуг, оказываемых пациентам;
- повышение уровня экспертизы врача при выполнении лекарственных назначений;
- повышение уровня научно-исследовательской деятельности и квалификации медицинского персонала при выполнении лекарственных назначений.

Основная задача: создание комплекса научно-технических решений для уменьшения риска критических ситуаций при выполнении лекарственных назначений.

Актуальность и научная новизна: В рамках проекта разрабатывается оригинальная логическая система для обработки неполной и противоречивой информации. Разработанный на ее основе экспериментальный образец системы поддержки принятия решений должен стать одним из способов улучшения качества оказываемой помощи на госпитальном и постгоспитальном этапах.

Ожидаемые результаты проекта

1) Комплекс научно-технических решений:

- Математическая модель на основе многозначной логики с множественными интерпретациями для работы с недоопределенной или противоречивой информацией о лекарственных препаратах и врачебных назначениях, в целях предупреждения и уменьшения риска критических ситуаций;
- Алгоритм логического анализа и вывода на основе математической модели для выдачи рекомендаций в целях предупреждения и уменьшения риска критических ситуаций.

2) Экспериментальный образец программного обеспечения информационной системы поддержки принятия решений при выполнении лекарственных назначений.

Перспективы практического использования

Потенциальными потребителями системы могут стать все лечебные учреждения, оказывающие медицинскую помощь населению.

Разработанная в результате ПНИЭР система поддержки принятия решений позволит отслеживать недопустимые для состояния пациента назначения лекарственных препаратов и их комбинаций, повысит уровень безопасности лечения пациентов.

Использование компьютеризированного ввода врачебных назначений с системой поддержки врачебных решений позволит достичь следующих результатов:

- до 60% уменьшения потенциальных ошибок назначения лекарств, нежелательных эффектов действия лекарств;
- до 41% уменьшения уровня ошибок вследствие взаимодействия лекарств;
- до 39% рост числа назначений лекарств соответствующих рекомендациям (формулярам).

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. *(средства субсидии)*

Разработана математическая модель на основе многозначной логики с множественными интерпретациями для работы с недоопределенной или противоречивой информацией о лекарственных препаратах и врачебных назначениях, в целях предупреждения и уменьшения риска критических ситуаций.

В рамках построения модели были выполнены следующие шаги:

1. Построена абстрактная 4-значная логическая система с мультиинтерпретациями, обладающая свойством адекватности.
2. Выполнена формализация предметной области медицинских назначений на языке предикатов построенной логической системы.
3. Построена система логического анализа и вывода данных о медицинских назначениях.
4. Реализована подсистема логического вывода экспериментального образца системы поддержки принятия решений.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. *(средства субсидии)*

1. Логическая система модели.

Истинностные значения:

T — истина

F — ложь

C — противоречие

U — неопределенность

Интерпретации: Используются мультиинтерпретации переменных, при которых значение переменной может быть как объектом, так и множеством объектов.

Правила вывода: Определены правила вывода для основных логических связок и кванторов.

Свойство адекватности: Выводимые формулы являются семантически непротиворечивыми.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. *(средства субсидии)*

2. Формализация предметной области.

Построена онтология, в которой хранятся выделенные медицинские понятия и связи между ними.

Термины, их содержание и взаимосвязь выделяются по результатам обработки реестра лекарственных средств, справочника медицинских терминов SNOMED CT и других источников информации.

Информация, представленная в виде онтологии, преобразуется в набор предикатов для использования в системе логического вывода. Для этой цели создается алгоритм наполнения базы знаний системы логического вывода.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Для логического анализа используются следующие отношения построенной онтологии:

- является;
- использует;
- содержит активный ингредиент;
- противопоказан с (противопоказан при);
- для лечения;
- влияет на;
- негативно влияет на;
- взаимодействует с;
- повышает;
- понижает.

Каждый факт записывается с помощью соответствующих предикатов и вносится в базу знаний.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

3. Логический анализ.

Из построенной базы знаний с помощью правил, характеризующих взаимосвязь объектов онтологии, выводятся следующие свойства препаратов:

- действие препарата
- побочное действие препарата
- противопоказания к употреблению препарата
- взаимодействие препаратов при одновременном употреблении

Для каждого пациента создается локальная база знаний о предыдущих назначениях лекарств и результатах их применения, а также о выявленных хронических заболеваниях и аллергических реакциях.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Пример запроса к системе:

«Для состояния пациента, характеризующегося повышенным уровнем АЛТ, найти множество совместимых препаратов, которое изменит состояние пациента до уровня приемлемого отклонения показателей»

(в целях иллюстрации выбран простой запрос с одним отклонением, чтобы вывод можно было поместить на слайд.)

Запрос в виде формулы: $\llcorner \exists x \exists z \text{ path}(x, \{\text{dev}(\text{alt}, h3)\}, z) \ \& \ \text{acceptable}(z) \ \& \ \text{comp}(x)$

Ответ системы: $(x = h)$

применив онтологию получаем ответ — нужно назначить препарат **Гептрал**.

Для запросов, представляющих практический интерес, выводы могут быть несоизмеримо длиннее (и сложными для человеческого восприятия).

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Пример вывода формулы

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| $\Downarrow \exists x \exists z \text{ path}(x, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), z\} \& \text{acceptable}(z) \& \text{comp}(x), \vdash \Phi$ | | | | |
| $\Downarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{acceptable}(\emptyset) \& \text{comp}(\{\text{h}\}))$ | | | | |
| $\Downarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{acceptable}(\emptyset))$ | | $\Downarrow \text{comp}(\{\text{h}\}),$ $\vdash \text{comp}(\{\text{h}\})$ (из Φ) ветка закрыта | | |
| $\Downarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{acceptable}(\emptyset))$ | | | | |
| $\Downarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ | | $\Downarrow \text{acceptable}(\emptyset),$ $\vdash \text{acceptable}(\emptyset)$ (из Φ) ветка закрыта | | |
| $\Downarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\},$ $\vdash \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ (из Φ), $\vdash \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset)$ (из Φ), $\vdash \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset) \rightarrow \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ (из Φ) | | | | |
| $\vdash \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset),$ $\vdash \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ ветка закрыта | $\nexists \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset),$ $\vdash \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ ветка закрыта | $\nexists \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset),$ $\nexists \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ ветка закрыта | $\nexists \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset),$ $\pi \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ ветка закрыта | $\pi \text{action}(\text{h}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\} \& \text{path}(\emptyset, \emptyset, \emptyset),$ $\vdash \text{path}(\{\text{h}\}, \{\text{dev}(\text{alt}, \text{h3}), \emptyset\})$ ветка закрыта |

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (средства субсидии)

Разработан модуль ЭО ПО ИС «База знаний» (на основе онтологии).

Модуль обеспечивает:

- Хранение информации о болезнях
- Хранение дополнительных ограничений на возможные врачебные назначения
 - Медицинские
 - Финансовые
 - Законодательные
- Хранение информации о лекарственных препаратах
 - Показания к применению
 - Противопоказания
 - Взаимодействия с другими лекарственными средствами
- Хранение методик лечения

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (средства субсидии)

Модуль ЭО ПО ИС «База знаний»

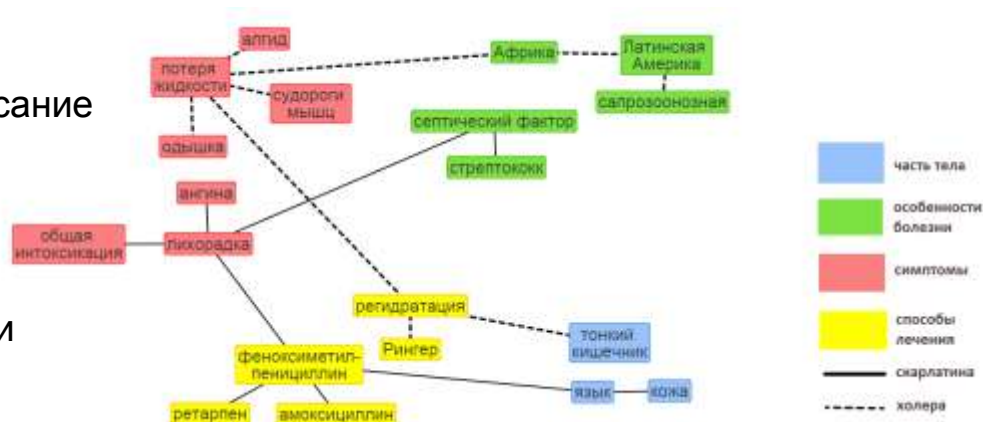
- Реализован с использованием языка Python
- Кросс-платформенный
- Для хранения данных могут быть использованы СУБД PostgreSQL, MySQL, MariaDB, MS SQL, Oracle SQL
- Имеет REST (Representational State Transfer) API для взаимодействия с другими модулями
- Поддержка запросов по протоколу HTTP
- Благодаря выбранной архитектуре, легко масштабируется горизонтально добавлением новых серверов БД и серверов приложений

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (вбс)

Разработаны методы извлечения данных из слабоструктурированных источников

- Извлечение из справочников, описаний лекарств, некоторых протоколов
- Построена онтология для представления извлекаемых данных с учетом структуры SNOMED CT
- Онтология может использоваться для извлечения из неструктурированных источников
- Используются методы на основе правил и алгоритмы машинного обучения
- Заполняется полуавтоматически (рекомендуется выборочная валидация экспертами извлеченной информации)

- Иерархия симптомов
- Иерархия болезней и их описание
- Дозировки
- Аббревиатуры
- Способы лечения
- Части тела
- Взаимосвязи между группами



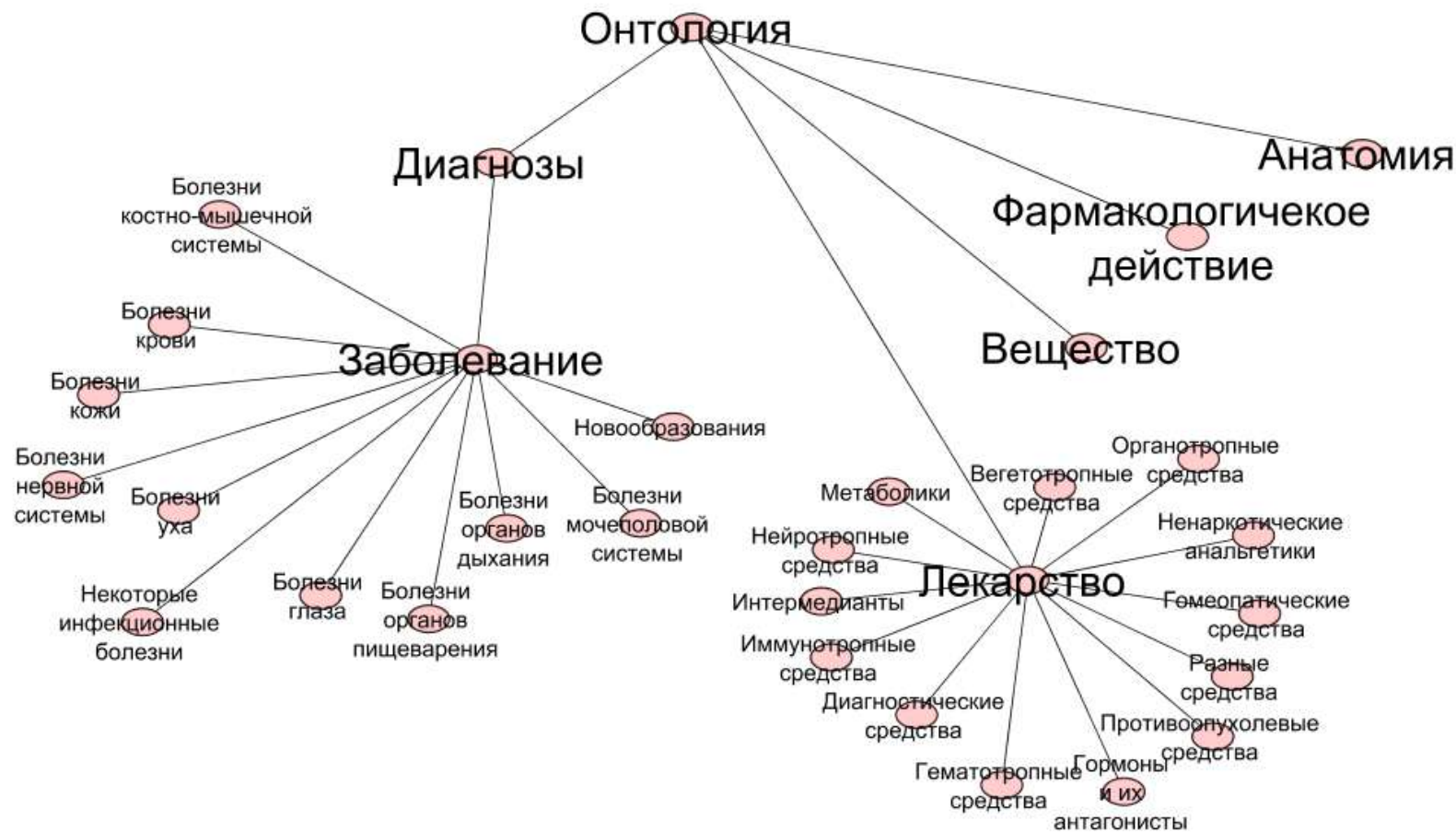
Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (ВБС)

Извлечение данных из неструктурированных источников

(Извлечение из научных статей, учебников, протоколов ведения больных)

- Используется и пополняется онтология, построенная на 2 этапе
- В решении используются:
 - Полу- и полностью автоматическая генерация правил извлечения данных для парсеров LSPL и Tomita
 - Алгоритмы Natural language processing с адаптацией к русскому языку
 - Модификации алгоритмов SVM, Random Forest, Expectation-Maximization
- Для извлечения данных поставлена и решена «задача обучения с подкреплением» (Supervised Learning)

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (ВБС)



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г. (ВБС)

Извлечение из описаний лекарств

Побочные действия:

Со стороны нервной системы: головная боль, головокружение, спонтанные двигательные расстройства и судороги.

Со стороны сердечно-сосудистой системы: боль в грудной клетке, в ряде случаев с депрессией сегмента ST, брадикардия, аритмии, артериальная гипотензия.

Со стороны органов ЖКТ: икота, сухость во рту, диарея, запор, иногда бессимптомное повышение уровня аминотрансфераз в сыворотке крови.

Сердечно-сосудистая
система

- боль в грудной клетке
- аритмия
- артериальная гипотензия

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Сопоставление с мировым уровнем

- *Разрабатывается оригинальная логическая система для обработки неполной и противоречивой информации*
- *Использованы современные методы обработки больших данных для увеличения качества формализованных и пригодных для машинной интерпретации медицинских знаний*
- *Разрабатываемая база знаний и полу/полностью автоматические методы ее пополнения из источников на русском языке (медицинских справочников, учебников, протоколов ведения больных, научных статей, ...) повышают объем информации, используемой для принятия решения*
- *Результаты могут быть применены в других российских перспективных системах мультипараметрической поддержки принятия врачебных решений и персональных медицинских системах современного уровня (типа IBM Watson)*

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

- Разработана конструкторская и программная документация для экспериментальной реализации разработанных решений
- Разработана программная и конструкторская документация ПО ЭО ИС
- Разработана программа и методики экспериментальных исследований
- Разработаны методы интеллектуального извлечения данных в сфере медицинской и сопутствующей информации из слабоструктурированных и неструктурированных источников.

Проверка результатов

Полученные результаты будут проверены на исследовательском стенде в ходе экспериментальных исследований ЭО ИС на этапе 4.

Состояние выполнения запланированных индикаторов

| № п/п | Наименование | Ед. измерения | 2015 год/план |
|-------|--|---------------|---------------|
| 1 | Число публикаций по результатам исследований и разработок в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus или в базе данных "Сеть науки" (Web of Science) | единиц | 2 (2) |
| 2 | Число патентных заявок, поданных по результатам исследований и разработок | единиц | 1 (1) |
| 3 | Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей-участников проекта не менее | процентов | 75 (40) |
| 4 | Объем привлеченных внебюджетных средств | млн. руб. | 5,29 (5) |
| 5 | Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов и достижений науки | единиц | 3 (3) |

Спасибо за внимание!

Докладчик:

Руководитель работ
Болбиков Михаил Викторович