



**Открытая облачная платформа для разработки и использования интеллектуальных облачных сервисов.
Среда построения гибридных ИИ решений для здравоохранения**

Грибова В.В.

Информационные технологии для практической медицины и здравоохранения

• Методы

- Вычислительные методы
- Методы математического моделирования
- Методы машинного обучения и анализа больших данных
- Методы на основе прецедентов (на малых объемах данных)
- Методы инженерии знаний

Приложения

калькуляторы риска глаукомы, венозных тромбозов, гонартроза и коксартроза, жирового гепатоза, переломов...

прогнозирование темпов прогрессирования почечной недостаточности, оценка тяжести и прогнозирования легочного воспаления, прогноз исхода травмы, прогнозирование неврологических заболеваний и панического расстройства, оценка риска развития рецидива при туберкулезе...

диагностика COVID-19, диагностика болезней желчного пузыря и желчевыводящих путей, ХОБЛ, геморрагические лихорадки....

назначение лечения лямблиоза у детей, COVID-19, диабета...

Использование методов ИИ для решения задач практической медицины

	Методы ИИ на основе знаний	Методы машинного обучения («большие» данные - датасеты)	Методы на основе «малых» данных
Диагностика (предварительная, дифференциальная)			
Назначение лечения (медикаментозное, восстановительное)		■	■
Мониторинг и коррекция лечения		■	■
Оценка рисков, прогнозирование состояний	■		■

Основные проблемы

- Сервисы не реализуют полный цикл лечебно-диагностического процесса
- Сервисы поддерживают один метод реализации (машинное обучение, рассуждения на основе знаний, рассуждение по аналогии...)
- Для решения одной задачи разные коллективы используют различные методы (машинного обучения, математического моделирования, инженерии знаний).
Какой лучше? Какова область применимости каждого?



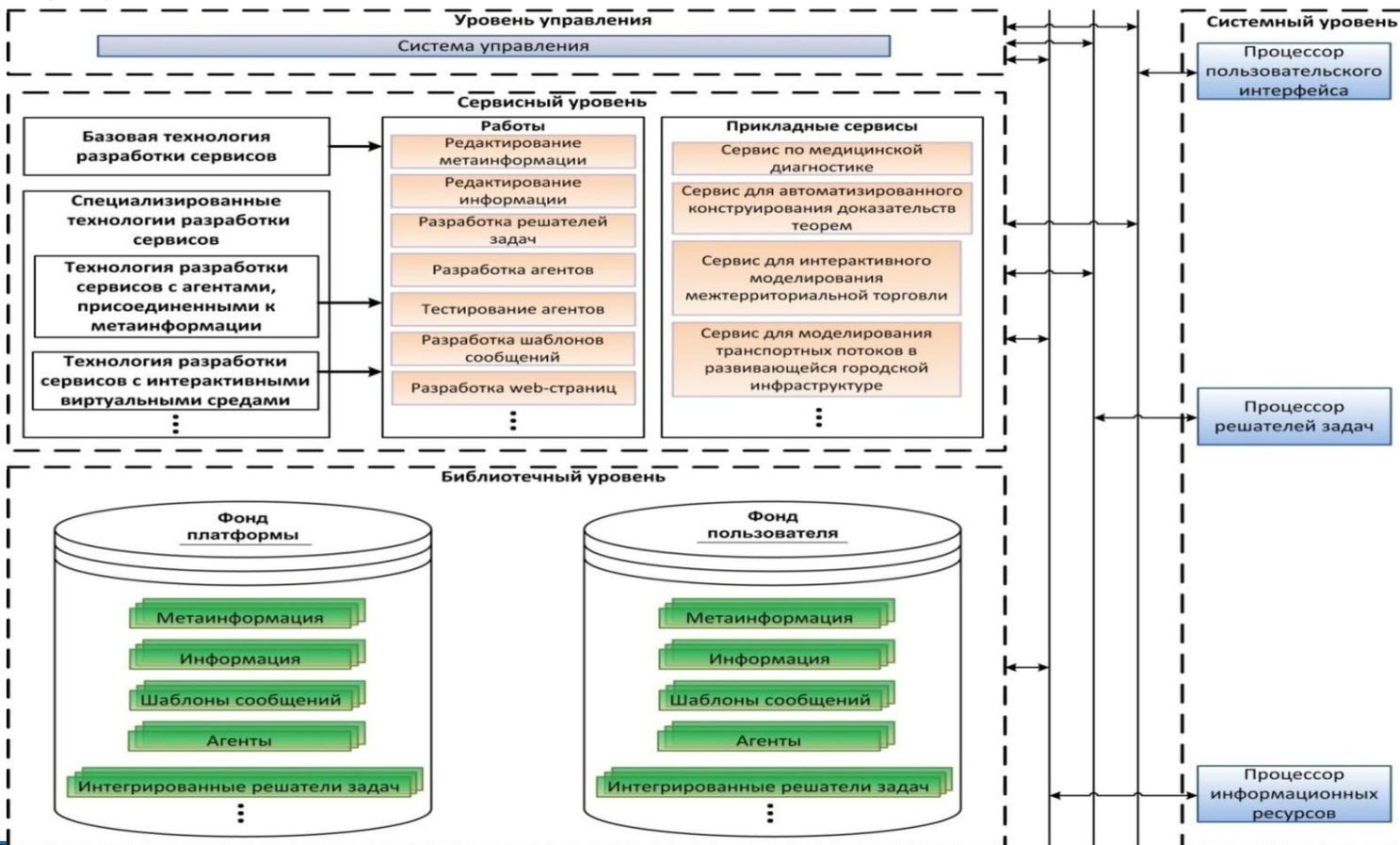
Вопросы, требующие решения

- Как обеспечить интеграцию различных решений в единую систему (реализованных различными методами)?
- Как обеспечить согласованность решений по терминологии?
- Где разрабатывать системы на основе знаний? Требование – терминология и представление, понятные экспертам, коллективная разработка, достаточно низкая трудоемкость разработки
- Где найти рабочее пространство для сотрудничества различных коллективов и совместной разработки прикладных решений?
- Где найти рабочее пространства для оценки решений некоторой важной медицинской задачи, сравнения решений, реализованных различными коллективами?
- Как обеспечить объяснимость решений?

Облачная платформа IACPaaS (Intelligent Applications, Control and Platform as a Service)

Универсальная платформа для создания интеллектуальных систем на основе онтологий, имеет медицинский портал знаний

Платформа имеет более 500 зарегистрированных пользователей как в России, так и за рубежом. Ими создано порядка 2 тысяч ресурсов: более 1750 информационных ресурсов (онтологии - 650, базы знаний и данных - 1100) и 500 программных компонентов (решатели задач - 180, агенты - 250, шаблоны сообщений - 70). Объём хранилища - 6 Гб.





Основные характеристики

- Графовое семантическое представление всех информационных ресурсов (онтологий, баз знаний и баз данных)
- Автоматически генерируемые редакторы с различными типами пользовательских интерфейсов
- Формирование баз знаний в единой семантической структуре на основе онтологий
- Нечеткие шкалы
- Решатели, управляемые онтологиями, не зависящие от наполнения баз знаний
- Общая терминологическая база для описания баз знаний в различных разделах медицины

Варианты работы на платформе IACPaaS

Платформа IACPaaS

Работа «с нуля»

Работа на медицинском портале

Самостоятельная разработка онтологий, баз знаний, решателей задач

Готовая инфраструктура для создания интеллектуальных систем

Терминологическая база

Набор онтологий

Набор решателей

Сервисы ввода историй болезни и ЭМК



Личный кабинет пользователя

IACPaaS

- О платформе
- Новости
- Фонд
- Личный кабинет**
- Мой Фонд
- Работающие Сервисы
- Совместный Доступ**
- Рассмотрение Запросов
- Мои Запросы
- Сообщения (204)
- Профиль
- Документация

Мой Фонд

- Медицина
 - Концептуальные знания
 - Базы терминологии и наблюдений
 - Офтальмология
 - Урология
 - Медикаментозное лечение
 - Редакторы
 - Базы заболеваний
 - Диагностика острых заболеваний
 - Медицинский тренажёр
 - Тестовые информационные ресурсы
 - Тестовая

Диагностика острых заболеваний (15) ↑

- Структура данных оптимизации для диагностики острых заболеваний
- Онтология объяснения назначенного лечения
- Структура гипотез о диагнозе
- Решатель Вычисление данных оптимизации для диагностики острых заболеваний
- Система проверки диагноза
- Решатель диагностики острых заболеваний
- ТС для диагностики острых заболеваний
- Решатель задач для диагностики
- Агент постановки диагноза (острые заболевания)
- Агент для выдвижения гипотез о диагнозе
- Агент для проверки гипотезы о диагнозе
- Агент Вычисление данных оптимизации для диагностики острых заболеваний
- Шаблон Универсальное сообщение

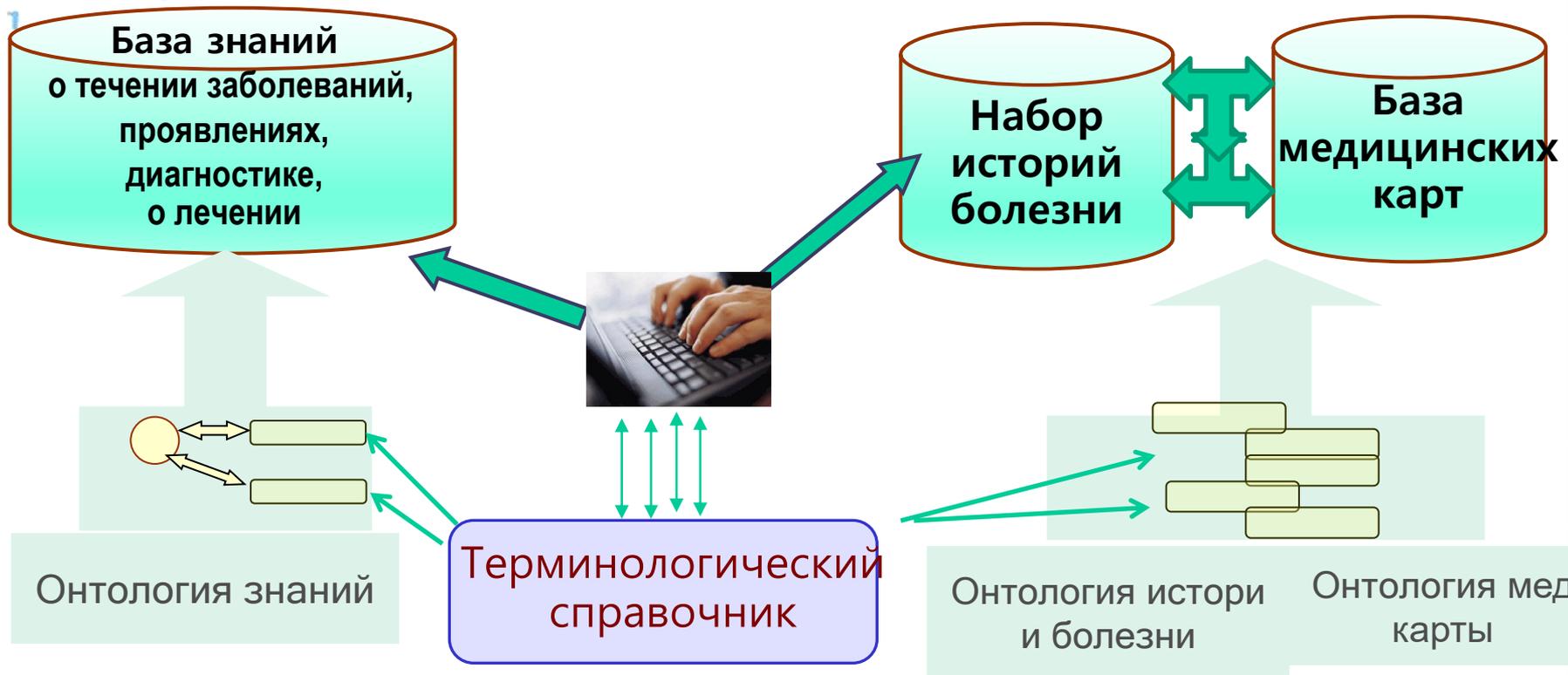


Медицинский развиваемый портал знаний

Содержит набор специализированных информационных и программных компонентов, снижающих порог входа, трудоемкость создания СППР для практической медицины и здравоохранения:

- Терминологическая база знаний и наблюдений
- Онтологии (диагностики заболеваний, планирования лечебного процесса, оценки и прогноза критических состояний, истории болезни, ЭМК и др.)
- Базы знаний по различным нозологиям
- Архивы медицинских данных
- Решатели интеллектуальных задач
- ...

При формировании БЗ и документов пациента все необходимые термины выбираются из терминологического справочника



База терминов и наблюдений определяет множества допустимых названий наблюдений и измерений (с синонимией и латинскими обозначениями¹¹)

Терминологическая база знаний

▼ ТЕРМИНЫ *

- ▶ Морфология [Группа терминов]
- ▶ ↘ Единицы измерения [Группа терминов]
- ▶ Формулировка диагноза [Группа терминов]
- ▶ Заболевание [Группа терминов]
- ▶ Прогноз [Группа терминов]

▼ НАБЛЮДЕНИЯ

▼ ПРИЗНАКИ [Группа наблюдений]

- ▶ ↘ Жалобы [Группа признаков]
- ▶ ↘ Данные объективного исследования [Группа признаков]
- ▶ ↘ * Данные лабораторных исследований [Группа признаков]
- ▶ ↘ * Данные инструментальных исследований [Группа признаков]
- ▶ * Метрики пациента * [Группа признаков]
- ▶ Вспомогательные термины для формирования признаков [Группа признаков]
- ▶ Признаки для вычисления кардиоваскулярного риска [Группа признаков]

▼ ДАННЫЕ [Группа факторов]

- ▶ Пациент * [Группа факторов]
- ▶ Карта пациента * [Группа факторов]
- ▶ Факторы риска [Группа факторов]
- ▶ Причинные факторы [Группа факторов]
- ▶ Эпидемиологические факторы [Группа факторов]

▼ НАБЛЮДАЕМЫЕ ФАКТЫ [Группа факторов]

- ▶ * Жалобы отсутствуют [Факт] *
- ▶ * Наличие заболевания или подобных симптомов в прошлом [Факт] *
- ▶ * Наличие симптомов в прошлом [Факт] *
- ▶ * Наличие обострений заболевания [Факт] *
- ▶ * Частота обострений [Факт] *
- ▶ Длительность обострений [Факт] *
- ▶ ↘ * Сезонность [Факт] *
- ▶ Лечебные мероприятия [Группа факторов]
- ▶ Факторы-Признаки [Группа факторов]

▼ СОБЫТИЯ [Группа факторов]

- ▶ ↘ * Контакт с больным человеком [Факт] *
- ▶ ↘ Механические факторы [Группа факторов]
- ▶ ↘ Биологические факторы [Группа факторов]
- ▶ Воздействия для тестов [Группа факторов]

▼ ВОСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТЕРМИНЫ и метки

Описание признаков в базе терминов

▼ ПРИЗНАКИ [Группа наблюдений]

▼ > * Жалобы [Группа признаков]

▼ Общие [Группа признаков]

▼ Боли [Группа признаков]

▶ **Синонимы**

▼ > * Головная боль [Признак]

Признак → Симптом

▼ Составной признак

▶ Синонимы

▶ > * Присутствие [Характеристика]

▶ * Характер [Характеристика]

▶ * Локализация [Характеристика]

▶ Иррадиация [Характеристика (с синонимами)]

▶ * Интенсивность [Характеристика]

▶ > * Выраженность [Характеристика]

▶ > * Периодичность [Характеристика]

▶ Время появления [Характеристика]

▶ * Усиление [Характеристика]

▶ Причина усиления [Характеристика]

▶ Ослабление [Характеристика]

▶ Причина ослабления [Характеристика]

▶ Причина появления [Характеристика]

▶ Связана * [Характеристика]

▼ Длительность [Характеристика]

▶ Тип возможных значений

[Характеристика (с синонимами)]

[Характеристика]

▶ > * Боль в спине [Признак]

▶ > * Боль в животе [Признак]

▶ > * Боль в грудной клетке [Признак]

Описание признаков в базе терминов

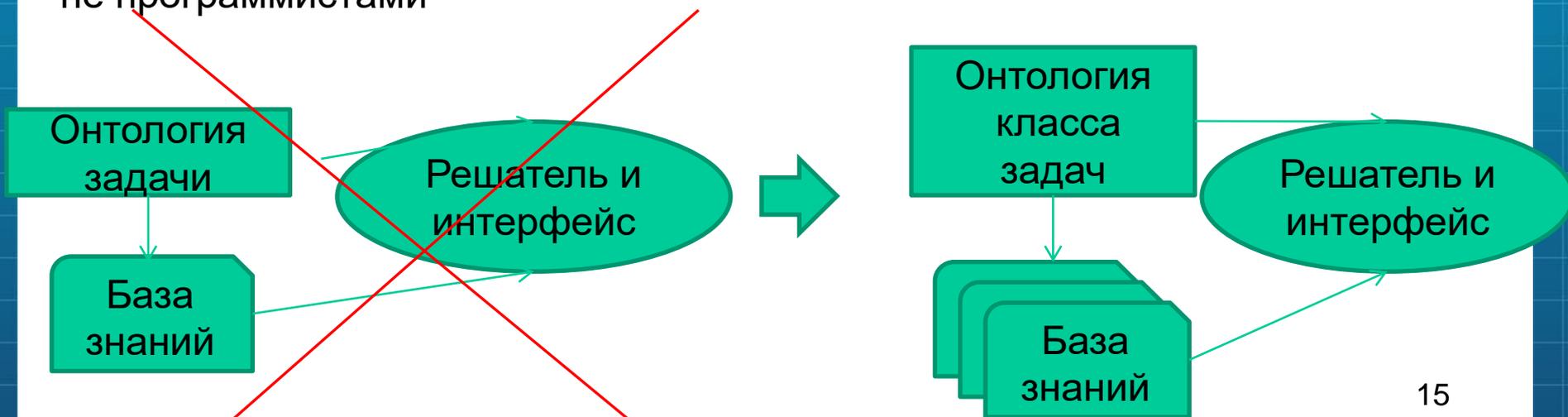
- ▼ * Температура тела [Признак]
- ▼ Составной признак
 - ▼ * Повышение [Характеристика]
 - ▼ Тип возможных значений
 - ▼ Качественные значения
 - ▼ * имеется [Значение] *
 - ▼ Синонимы *
 - имеется лихорадка [синоним (для значения) (сорт: строковое)]
 - гипертермия [синоним (для значения) (сорт: строковое)]
 - ▼ * отсутствует [Значение] *
 - ▼ Синонимы *
 - в норме [синоним (для значения) (сорт: строковое)]
 - нормальная [синоним (для значения) (сорт: строковое)]
 - лихорадка отсутствует [синоним (для значения) (сорт: строковое)]
 - ▶ Норма
 - ▼ * Значение [Характеристика]
 - ▼ Тип возможных значений
 - ▼ Качественные значения
 - ▶ * нормальная [Значение] *
 - ▶ * субфебрильная (37.1°C - 38.0°C) [Значение] *
 - ▼ Числовой диапазон
 - 37.1 [от (сорт: вещественное)]
 - 38.0 [до (сорт: вещественное)]
 - * °C [единица измерения (сорт: строковое)]
 - ▶ * фебрильная (38.1°C - 39.0°C) [Значение] *
 - ▶ * пиретическая (39.1°C - 41.0°C) [Значение] *
 - ▶ * гиперпиретическая (41.1°C и выше) [Значение] *
 - ▶ Числовые значения
 - ▼ * Длительность [Характеристика]
 - ▼ * Характер лихорадки [Характеристика]
 - ▶ Тип возможных значений
 - ▶ * Время повышения [Характеристика]

- ▼ Клинический анализ крови [Группа признаков]
- ▶ СОЭ [Признак]
- ▼ Гемоглобин [Признак]
 - ▶ признак с учетом единицы измерения, возраста и пола
 - ▼ 1 [Значения в указанной единице измерения]
 - ◊ ↑ г/л [единица измерения (сорт: строковое)]
 - ▶ Дети (0-1 лет) [Название возрастного диапазона]
 - ▶ Дети (1-6 лет) [Название возрастного диапазона]
 - ▶ Дети (7-12 лет) [Название возрастного диапазона]
 - ▶ Дети (13-16 лет) [Название возрастного диапазона]
 - ▼ Взрослые (17-60 лет) [Название возрастного диапазона]
 - ▶ Значение возрастного диапазона
 - ▼ М
 - удалить отношение к понятию
 - ▼ Числовые значения (признака)
 - ▼ Референсные значения *
 - ◊ 131.0 [нижняя граница (сорт: вещественное)]
 - ◊ 173.0 [верхняя граница (сорт: вещественное)]
 - [срок актуальности (в сут) (сорт: целое)]*
 - [Нормы для особых категорий]*
 - [качественное значение (редко) (сорт: строковое)]
 - ▼ Ж
 - ▼ Числовые значения (признака)
 - ▼ Референсные значения *
 - ◊ 117.0 [нижняя граница (сорт: вещественное)]
 - ◊ 160.0 [верхняя граница (сорт: вещественное)]
 - [срок актуальности (в сут) (сорт: целое)]*
 - [Нормы для особых категорий]*
 - [качественное значение (редко) (сорт: строковое)]
 - ▶ Пожилые и долгожители (61-100 лет) [Название возрастного диапазона]
 - [Возможные значения признака]

Онтологии для классов медицинских задач

Онтологии

- Единая для класса задач структура и терминология описания знаний и данных, ограничений целостности, онтологические соглашения
- Возможность генерации объяснений, обоснований, ориентированных на специалистов,
- Поддержка актуального состояния знаний экспертами, а не программистами



Спектр средств формирования интерпретируемых баз знаний

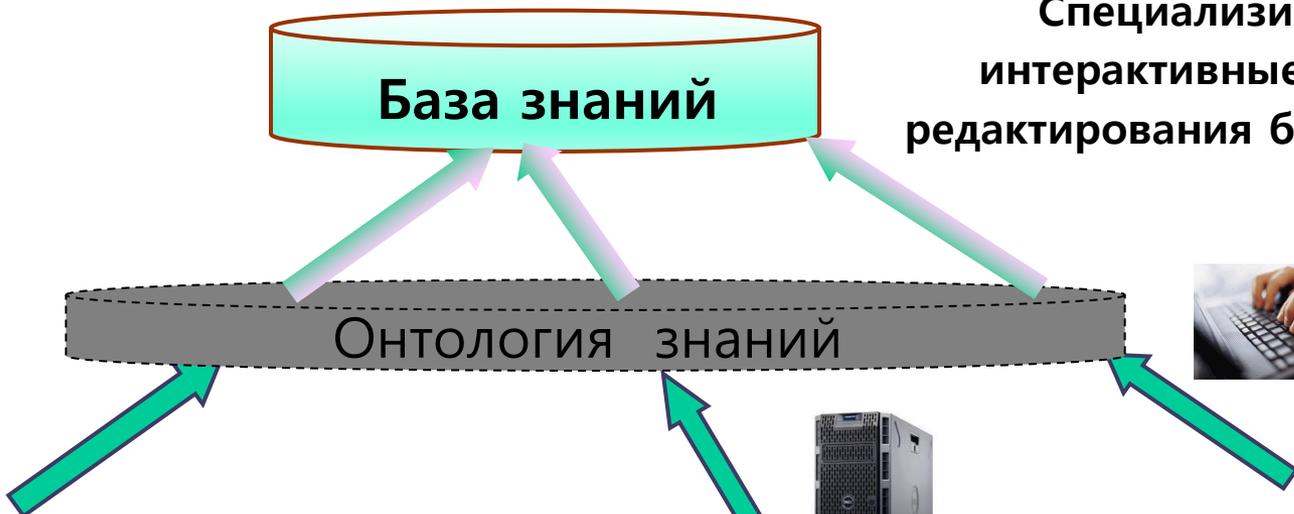
База знаний

Специализированные
интерактивные средства
редактирования баз знаний

Онтология знаний

Специализированные средства
извлечения знаний из
структурированных данных

Специализированные
средства приобретения
знаний из текстов



ЗАБОЛЕВАНИЯ

- ▶ БОЛЕЗНИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ [Группа заболеваний]
 - ▶ БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ [Группа заболеваний]
 - ▼ БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ [Группа заболеваний]
 - ▼ Вирусные [Группа заболеваний]
 - ▶ Ближневосточный респираторный синдром (MERS) * [Заболевание]
 - ▶ COVID-19 без пневмонии [Заболевание]
 - ▶ Пневмонит (Коронавирусная инфекция COVID-19) [Заболевание]
 - ▶ Парагрипп [Заболевание]
 - ▶ Грипп [Заболевание]
 - ▶ Тяжелый острый респираторный синдром (SARS) [Заболевание]
 - ▶ Свиной грипп (H1N1) [Заболевание]
 - ▶ ОРВИ [Заболевание]
 - ▶ Комплекс диагностических признаков
 - ▶ ВИРУСНЫЕ БОЛЕЗНИ [Группа заболеваний]
 - [Заболевания]
 - [Группа заболеваний]
 - [код по МКБ-10 (сорт: строковое)]
 - [Необходимое условие]
 - ▶ Острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей [Группа заболеваний]
 - ▶ Хроническая обструктивная болезнь легких [Заболевание]
 - [Комплекс диагностических признаков]
 - [Заболевания]
 - [Группа заболеваний]
 - [код по МКБ-10 (сорт: строковое)]
 - [Необходимое условие]
 - ▶ БОЛЕЗНИ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ [Группа заболеваний]
 - ▼ ИНФЕКЦИОННЫЕ И ПАЗАРИТАРНЫЕ БОЛЕЗНИ [Группа заболеваний]
 - ▶ ВИРУСНЫЕ БОЛЕЗНИ [Группа заболеваний]
 - ▶ ГЕМОРАГИЧЕСКИЕ ЛИХОРАДКИ [Группа заболеваний]
 - ▶ Острый тонзиллит [Заболевание]
 - [Комплекс диагностических признаков]
 - [Заболевания]
 - [Группа заболеваний]
 - [код по МКБ-10 (сорт: строковое)]
 - [Необходимое условие]
 - ▶ БОЛЕЗНИ КРОВИ И КРОВЕТВОРНЫХ ОРГАНОВ [Группа заболеваний]
 - ▶ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ВИРУСНЫЕ БОЛЕЗНИ [Группа заболеваний]
 - ▶ ОСМОТРЫ [Группа заболеваний]
 - ▶ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА [Группа заболеваний]
 - ▶ ДИФФЕРЕНЦИРОВАТЬ [Группа заболеваний]
 - ▶ БОЛЕЗНИ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ [Группа заболеваний]
 - ▶ БОЛЕЗНИ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ И НАРУШЕНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ [Группа заболеваний]
 - ▶ БОЛЕЗНИ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ [Группа заболеваний]
 - [Группа заболеваний]
 - [Заболевания]
- ▶ СИНДРОМЫ И СОСТОЯНИЯ

Базы заболеваний и синдромов

ЗАБОЛЕВАНИЯ

СИНДРОМЫ И СОСТОЯНИЯ

СИНДРОМЫ

- ▶ Антифосфолипидный синдром [Синдром] *
- ▶ Острая дыхательная недостаточность [Синдром] *
- ▶ Септический шок [Синдром] *
- ▶ Синдром вегетососудистой дистонии (Тахикардальный тип) * [Синдром]
- [Синдром]*
- [Патологическое состояние или Синдром (наличие)]
- [Комплекс признаков]*

Онтология

назначения медикаментозного лечения

- ▶ * Заболевание * {СПИСОК} (+ 'set') (all)
- ▶ * Коды МКБ {СПИСОК} (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * код МКБ (сорт: строковое) (+ 'set') (all)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ * Модель терапии {СПИСОК} (+ 'set') (all)
- ▶ * Условие модели терапии ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Вид терапии * {СПИСОК} (+ 'set') (all)
- ▶ * Условие для данного Вида терапии ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Цель терапии {СПИСОК} (+ 'set') (all)
- ▶ * Условия для назначения данной цели лечения * ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Признаки определяющие цель терапии * ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Схема терапии {СПИСОК} (+ 'set') (all)
- ▶ * Условия для назначения данной схемы терапии (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Группа альтернативно используемых ЛС {СПИСОК} (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Действующее вещество (+ 'set') (new-clone)
- ▶ * Совместно используемые ДВ * {СПИСОК} ([!] 'seqmm') (new)
- ▶ * Условие для совместно используемых ДВ (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Контроль ожидаемых побочных действий * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Продолжительность применения * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Контрольные точки оценки эффективности терапии * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Действующее вещество (+ 'set') (all)
- ▶ * Ряд терапии (сорт: строковое) * ([!] 'onemmm') (all)
- ▶ * Шкала оценки уровней убедительности доказательств * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ * Комплексно используемые ЛС * ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Рекомендации: * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ * Рекомендации: * (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Ссылка на источник знаний ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ * Рекомендации: * ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ описать элемент списка: (1) (S) (V) (T) (C) (E)
- ▶ * Документ определяющий объем медицинских услуг для лечения заболевания {СПИСОК}
- ▶ * Условие ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Коды МКБ (= 'copy') (ref-new)
- ▶ * Модель терапии (^ 'seq') (new)
- ▶ * Рекомендации: * ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Ссылка на данный документ ([=] 'copymm') (ref-new)
- ▶ * Описание заболевания ([=] 'copymm') (new)

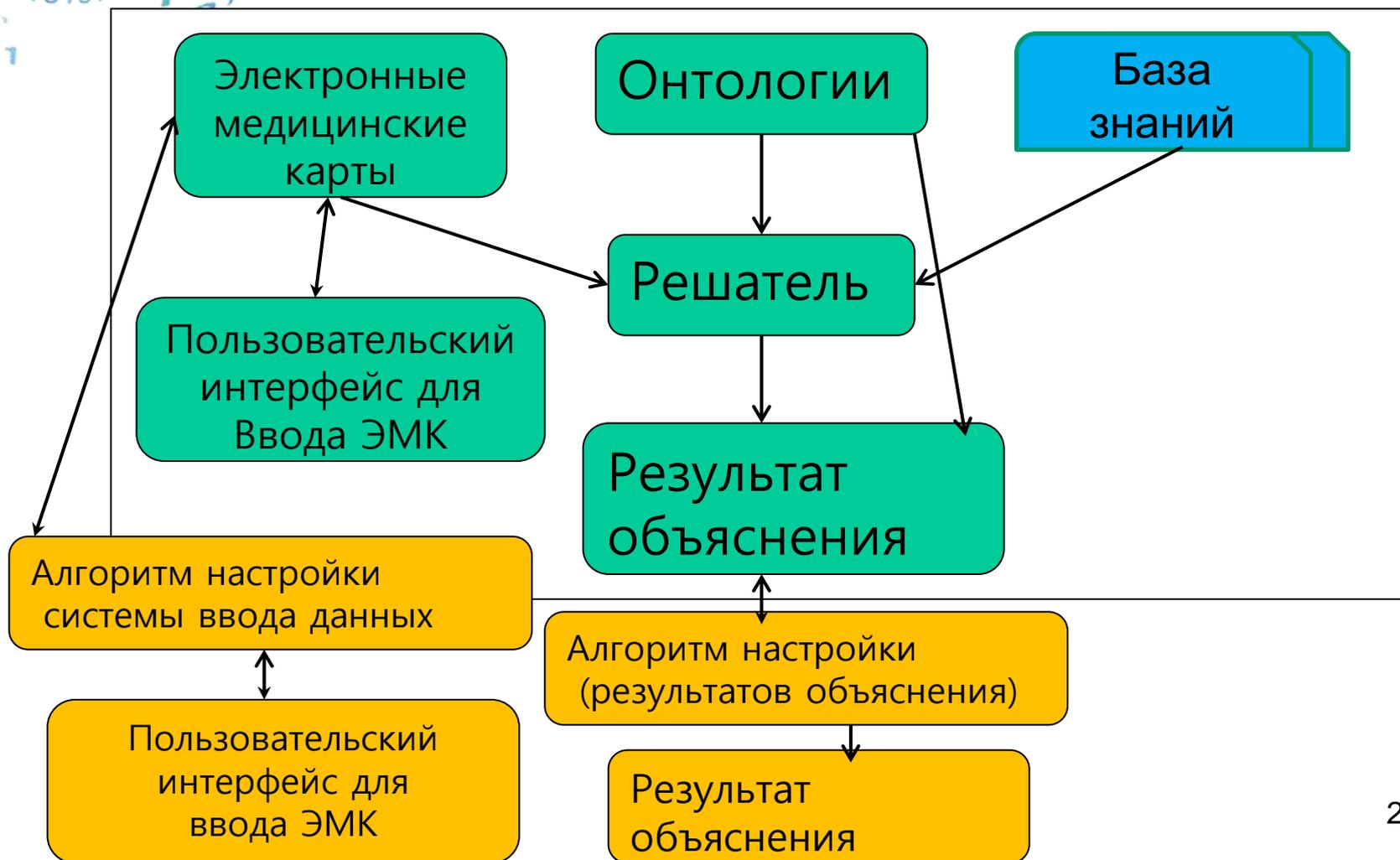
Пример формирования базы знаний

▼ Коронавирусная инфекция - COVID-19, базовая модель терапии [Модель терапии]

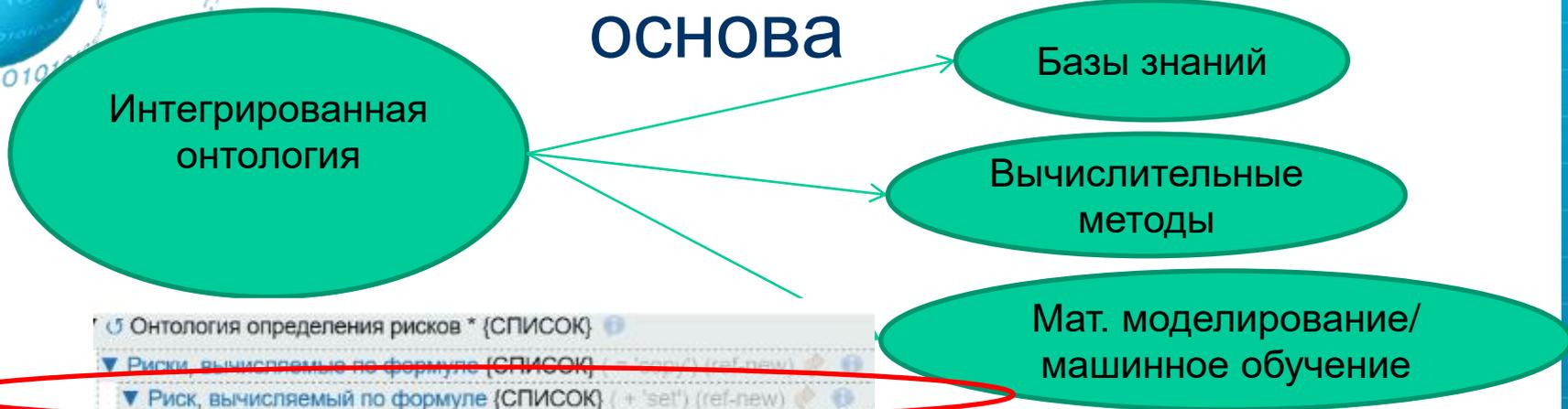
- ▶ Антибактериальная терапия [Вид терапии]
- ▼ Коррекция цитокинового шторма * [Вид терапии]
- ▼ Условие для данного Вида терапии
 - ▼ Тип условия
 - ▼ Группа блоков
 - ▼ Тип условия
 - ▼ Блок критериев
 - ▶ ↑ Ферритин [Критерий]
 - ▼ Правило выбора
 - ◇ все критерии (тип: Строковое)
 - [Критерий]
 - ▼ Логическая связь между блоками
 - ◇ ИЛИ (тип: Строковое)
 - ▼ Тип условия
 - ▼ Блок критериев
 - ▶ ↑ Тромбоциты [Критерий]
 - ▶ ↑ Лейкоциты в крови [Критерий]
 - ▶ ↑ Триглицериды [Критерий]
 - ▶ ↑ Фибриноген [Критерий]
 - ▼ Правило выбора
 - ◇ 2 [не менее указанного количества (сорт: Целое)]

«Вид терапии» - «Коррекция цитокинового шторма»
Дизайн условия: если в истории болезни пациента имеются следующие показатели: Ферритин в диапазоне значений 601 – 10000 мкг/л
ИЛИ
Два из критерия из предлагаемого перечня в определенных диапазонах своих значений

Адаптация интеллектуальных сервисов к потребностям пользователей

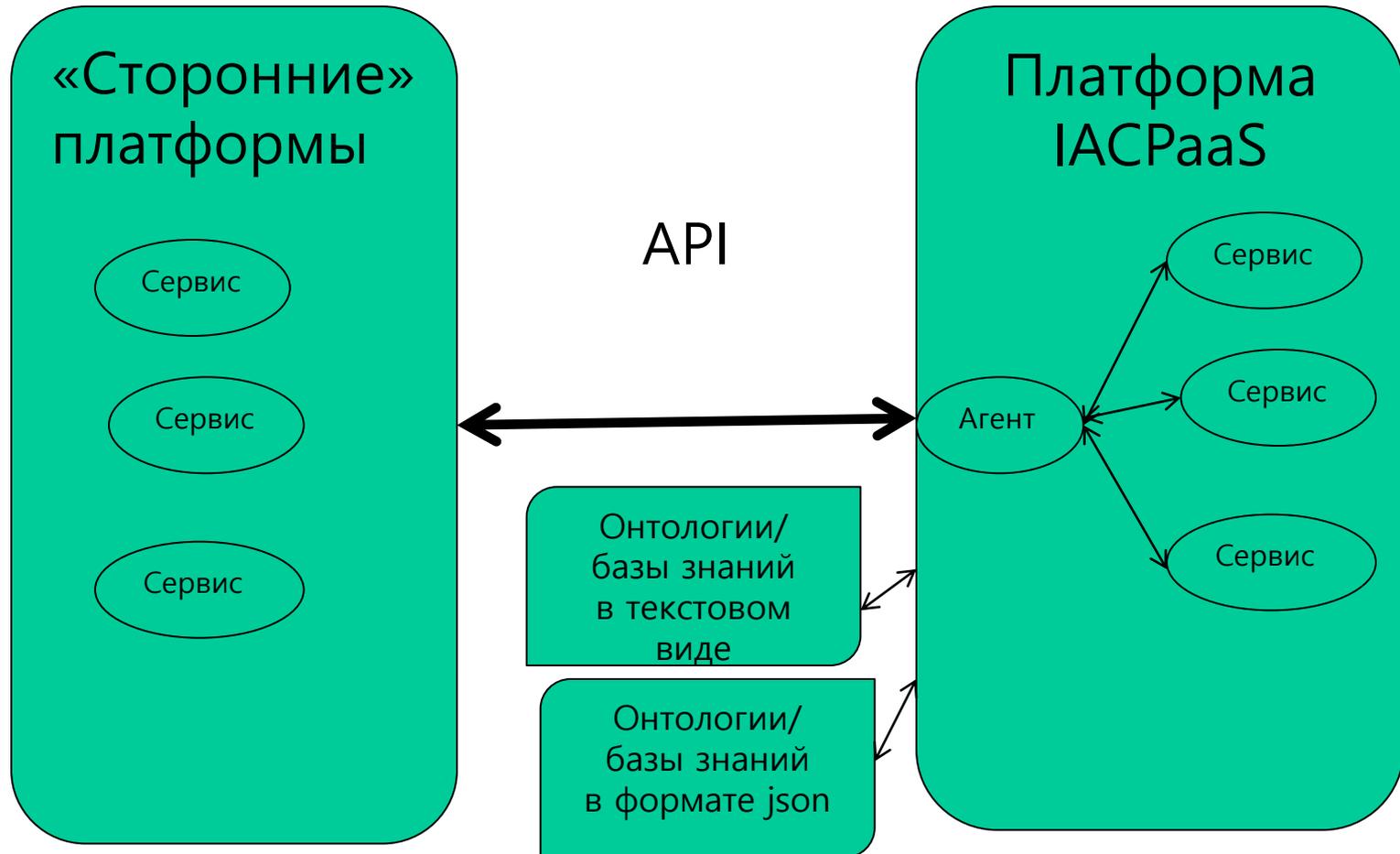


Онтология как интегрирующая основа



- Онтология определения рисков * {СПИСОК}
- Риски, вычисляемые по формуле {СПИСОК}
- Риск, вычисляемый по формуле {СПИСОК} (+ 'set') (ref-new)
 - Значение по шкале риска ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Запрос для формулы * (! 'one') (ref-new)
 - Способ накопления баллов * ([+] 'setmm') (ref-new)
- Риски, вычисляемые по моделям {СПИСОК}
- Риск, вычисляемый внешним агентом * {СПИСОК} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Риск, вычисляемый на стороне
 - Набор наблюдений {СПИСОК} (= 'copy') (ref-new)
 - Наблюдение * ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Значение по шкале риска (+ 'set') (ref-new)
 - Агент вычисления ([=] 'copymm') (ref-new)
 - Условия применимости * {СПИСОК} ([=] 'copymm') (ref-new)
 - Наблюдение * (+ 'set') (all)
 - Условия особой интерпретации результата * ([=] 'copymm') (ref-new)
 - совместимость элементов ([=] 'copymm') (ref-new)
 - Рекомендации {СПИСОК} ([=] 'copymm') (ref-new)
 - Факторы, требующие мониторинга ([=] 'copymm') (ref-new)
 - Факторы, требующие коррекции ([=] 'copymm') (ref-new)
- Риски, определяемые декларативными знаниями * {СПИСОК} (= 'copy') (ref-new)
 - Комплексный симптом * ([+] 'setmm') (ref-new)

Взаимодействие с платформой





Идея коллективной исследовательской платформы для разноплановых экспериментов

- Для оценки существующих возможностей решения некоторой важной медицинской задачи на своих данных
- Для оценки потенциала своего датасета клинических случаев как обучающего материала или как базы прецедентов
- Для внесения своих знаний (оцифровки своего опыта в интерпретируемом виде) и их верификации на своих и чужих данных
- Для сравнения своей базы знаний с другими по той же нозологии
- Для усовершенствования найденной базы знаний
- Для совместного (коллективного) создания знаний и проведения экспериментов с ними
- Для сравнения различных подходов к решению задачи

Некоторые горячие точки

Основная цель: снижение порога входа для специалистов, создание систем объяснимого искусственного интеллекта

- Новые методы разработки систем и искусственного интеллекта (для классов задач)
- Автоматическое (автоматизированное) формирование онтологических баз знаний: из текстов, на основе обучающих выборок (индуктивное обобщение данных)
- Оценка качества баз знаний
- Автоматическое создание пользовательских интерфейсов
- Интеграция различных моделей и методов для решения классов задач и их бесшовная интеграция...





Спасибо за внимание

<https://iacpaas.dvo.ru>

iacpaas@dvo.ru

