

## Интеллектуальный облачный сервис для отработки навыков постановки диагноза

### Аннотация

Описаны общие принципы разработки и концептуальная архитектура интеллектуальной системы, представляющей собой компьютерный тренажер для обучения студентов медицинских вузов навыкам диагностики острых и хронических заболеваний. Описаны также общие требования к разработке тренажера, информационные и программные компоненты, входящие в его состав.

### Введение

Повсеместное и стремительное распространение информационных и Интернет-технологий приводит нас к пониманию того, что необходимо разрабатывать новые подходы к организации учебного процесса. На заседании Совета по стратегическому развитию и приоритетным проектам 13 июля 2016 г. министр здравоохранения РФ В.И. Скворцова отметила, что «...будут обеспечены дистанционные программы непрерывного медицинского образования». Актуальность их внедрения заключается в возможности отработать различные практические ситуации в условиях, близких к реальным, снижении стоимости и улучшении качества обучения [1].

На сегодняшний день медицинские компьютерные тренажеры по характеру стоящих перед ними задач принято разделять на три категории: 1) для отработки знаний; 2) для отработки моторно-рефлекторных реакций; 3) смешанный тип. Признавая важность и практическую ценность всех видов тренажеров, нельзя не отметить, что тренажеры для отработки моторно-рефлекторных навыков (2-й тип), иногда с элементами отработки знаний (3-й тип), широко представлены отечественными и зарубежными производителями, в то время как практически невозможно привести примеры реально работающих систем для отработки медицинских знаний (в том числе и навыков постановки диагноза).

Целью рассматриваемой работы является описание основных требований к разработке медицинского компьютерного тренажера для отработки знаний постановки диагноза, его

концептуальной архитектуры, а также алгоритмическое описание процесса выполнения заданий по постановке диагноза с использованием такого тренажера.

### Постановка задачи и общие требования

Медицинский компьютерный диагностический тренажер предназначен для отработки обучающимися навыков диагностики заболеваний, которая достигается в результате многократного выполнения учебных и контрольных заданий, представляющих собой истории болезней пациентов с набором наблюдений (жалоб, результатов объективных методов исследований, в том числе лабораторных и инструментальных). Тренажер является обучающей системой, поэтому его важной составляющей является объяснение результатов диагностики.

При формировании заданий по постановке диагноза возможны несколько подходов: автоматическая генерация заданий, формирование заданий преподавателем, использование реальных историй болезни. Каждый из подходов имеет свои преимущества, поэтому в тренажере должны быть объединены все три типа формирования заданий. Для формирования и проверки заданий тренажер должен включать в себя знания о диагностике заболеваний и наблюдения.

Учитывая, что разработка любого тренажера является очень ресурсоемкой и финансово затратной задачей, система должна быть ориентирована не на диагностику конкретного заболевания либо некоторой группы заболеваний, а на широкий класс заболеваний из различных разделов медицины. Для реализации данного требования тренажер должен быть ре-

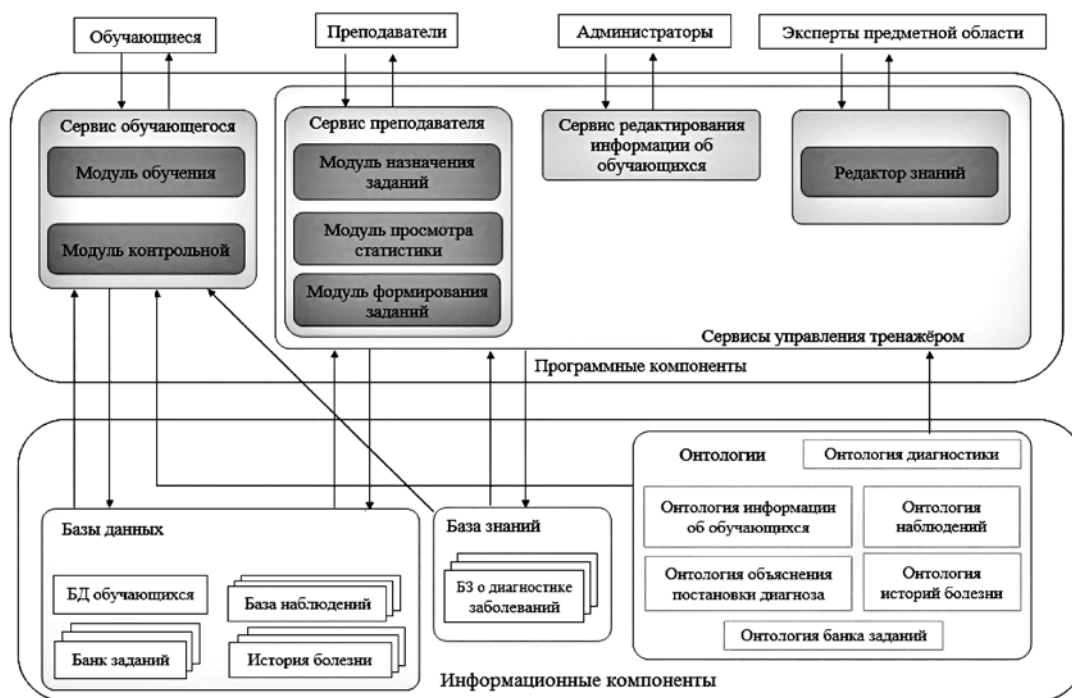


Рис. 1. Архитектура медицинского компьютерного тренажера по постановке диагноза

лизован как оболочка, в которой базы знаний являются входными параметрами. Тогда их расширение и модификация не приведут к изменению программного кода тренажера.

Требование сохранения актуальности знаний является существенным. Оно может быть выполнено, если базы медицинских знаний не передаются конечным пользователям тренажера, а находятся у разработчиков (иначе затруднительно обеспечить их своевременную и постоянную модификацию). Для обеспечения доступности тренажера широкому кругу пользователей, сопровождения баз знаний, составляющих его основу, тренажер и среда для его разработки и сопровождения реализуются как облачные сервисы. Для выполнения этого требования выбрана облачная платформа IASaaS [2], которая представляет собой программно-информационный Интернет-комплекс для обеспечения поддержки разработки, управления и удаленного использования прикладных и инструментальных мультиагентных облачных сервисов (прежде всего интеллектуальных) и их компонентов.

### Архитектура тренажера

Архитектура медицинского компьютерного тренажера для обучения постановке диагноза состоит из информационных и программных компонентов.

Информационные компоненты включают в себя онтологии, базы данных и знаний. Онтологии необходимы для того, чтобы пользователи системы – эксперты предметной области, администраторы и преподаватели в своих терминах могли формировать и модифицировать соответствующие базы знаний и данных.

Учитывая концепцию, описанную в [3], все информационные компоненты представлены в едином унифицированном формате – в виде семантических сетей, что обеспечивает единые принципы для их создания, доступа и изменения.

Программными компонентами, обеспечивающими обработку знаний и данных, являются сервис обучающегося и сервис управления тренажером.

Всех пользователей тренажеров можно разделить на следующие группы:

- 1) обучающиеся, которые с помощью тренажера решают задачи отработки навыков в различных диагностических ситуациях;
- 2) преподаватели, отвечающие за формирование банка заданий и назначение заданий обучающимся;
- 3) администраторы, поддерживающие информацию об обучающихся в актуальном состоянии;

- 4) эксперты предметной области – группа пользователей, которая формирует базы знаний по диагностике заболеваний и обеспечивает их модификацию в процессе жизненного цикла.

### Информационные компоненты

Информационные компоненты тренажера включают в себя следующие онтологии, базы знаний и данных:

1. **Онтология диагностики заболеваний** (см. рис. 2) описывает клиническую картину заболеваний и синдромов, которая состоит из описания *клинических проявлений*, строящихся на основе соответствующих признаков. Признаки описаны в зависимости от *периода динамики* заболевания, характеристики в соответствии с *вариантом динамики*. Характеристики имеют *значения и модальность*. Значение характеристики может измениться *под воздействием события* или *условия на воздействующий фактор*. Такая онтология позволяет описывать заболевания как сложные процессы, развивающиеся во времени, в соответствии с современными медицинскими представлениями. В разработанной онтологии используются термины «*группы заболеваний*» и «*заболевания*», «*группы синдромов*» и «*синдромы*» соответственно системной патологии (заболевания органов дыхания, заболевания органов пищеварения, заболевания сердца и сосудов), синдромы заболеваний органов дыхания, синдромы заболеваний органов пищеварения и т. д.), «*вид*» («*форма заболевания*») и «*варианты течения*» [4], [5]. К настоящему времени на основе данной онтологии разработаны следующие базы знаний: заболевания органов дыхания (бронхиальная астма, пневмония); заболевания органов пищеварения (язвенная болезнь, острый аппендицит, острый и хронический панкреатит, острый и хронический колит); заболевания глаза (конъюнктивиты, кератиты, глаукома) и др.
2. **Онтология наблюдений**, в качестве которой используется онтология наблюдений, описанная в [4]. Она включает в себя названия групп наблюдений, а также конкретных признаков, особенностей, событий, названия характеристик, значения наблюдений. Порождаемые по этой онтологии информационные ресурсы – база наблюдений для различных разделов медицины – формируется экспертами предметной области, ее содержимое используется при формировании баз знаний о заболеваниях и базы истории болезни пациентов, описанных ниже.
3. **Онтология истории болезни** задает структуру описания конкретной истории болезни пациента. Она представляет со-

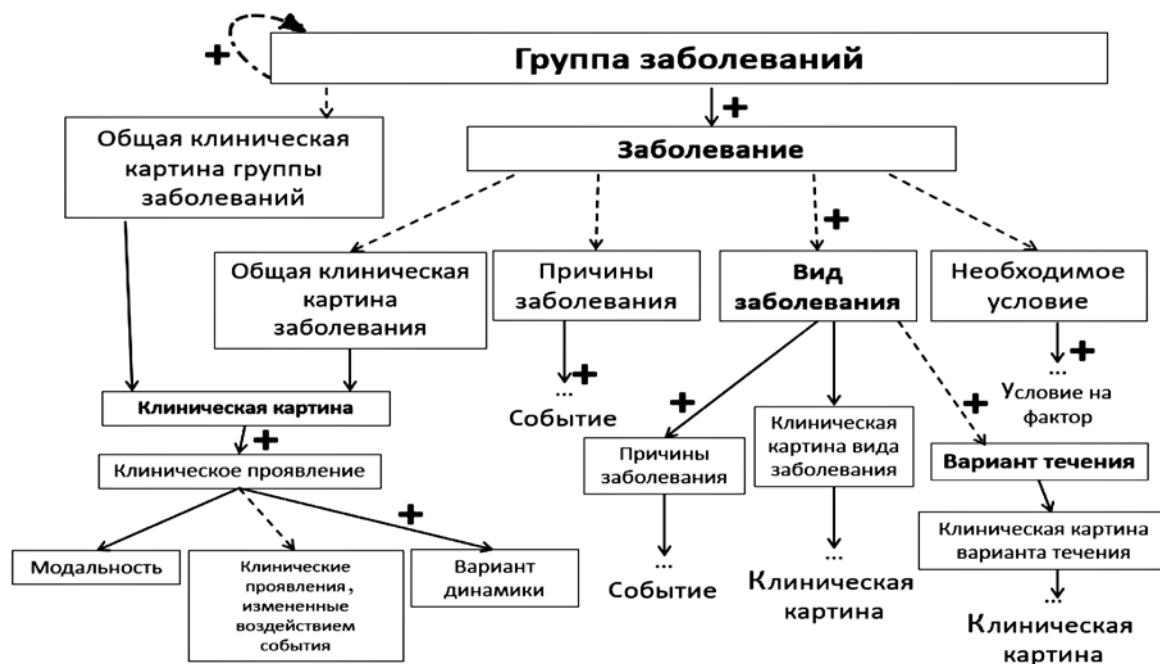


Рис. 2. Фрагмент онтологии диагностики заболеваний

бой описание состояния пациента в моменты проведения осмотров и до поступления в клинику: в ней задаются значения событий, признаков и анато-физиологических особенностей.

4. **Онтология банка заданий.** В рамках разрабатываемого тренажера под заданием понимается совокупность истории болезни пациента, заболевания (которое недоступно обучающемуся для просмотра) и идентификатор этого задания (название или номер). Онтология банка заданий описывает термины, необходимые для описания конкретного упражнения.
5. **Онтология информации об обучающемся** описывает информацию, необходимую для определения пользователя системы, такую как паспортные данные и статистику выполнения заданий. Структура базы обучающихся основана на модели онтологии пользователя системы.
6. **Онтология объяснения постановки диагноза** задает структуру для демонстрации обучающемуся правильного ответа и результата выполнения им задания по постановке диагноза, а также объяснения, какие из запрошенных им наблюдений были запрошены верно, какие неверно, а какие должны были быть им запрошены.

На основе онтологий формируются базы знаний и данных.

### Программные компоненты

Программные компоненты тренажера включают в себя сервис обучающегося и сервис управления тренажером.

Сервис обучающегося используется непосредственно для выполнения обучающих и контрольных заданий по постановке диагноза, а также для просмотра личной статистики. Стоит отметить, что сервис обучающегося программно не связан с сервисом управления, однако они используют одни и те же информационные ресурсы. Сервис обучающегося состоит из двух модулей: модуль обучения и модуль контрольной, которые, в свою очередь, делятся на несколько подмодулей: выбора, выполнения и проверки задания, формирования и просмотра статистик (см. рис. 3).

С помощью модуля выбора задания обучающийся из банка заданий может выбрать либо произвольное задание, либо назначенное ему преподавателем и затем приступить к его выполнению в модуле выполнения задания. При выполнении задания обучающийся может запросить дополнительный набор наблюдений из базы наблюдений. После того как обуча-

ющийся выполнил задание (поставил диагноз), оно отправляется на проверку в модуль проверки задания и объяснения результатов задания.

В результате работы модуля проверки по онтологии объяснения постановки диагноза порождается инфоресурс «Результаты выполнения задания по постановке задания и их объяснение», который может просмотреть обучающийся и который в дальнейшем используется для формирования его статистики. На рис. 4 подробно показано, какие инфоресурсы использует тот или иной модуль в своей работе.

Сервис управления тренажером состоит из (рис. 1):

- 1) редактора знаний, который предназначен для формирования и модифицирования базы знаний и данных эксперта-предметной области. В качестве редактора используется редактор Iwe, разработанный ранее и являющийся частью платформы IASPaas;
- 2) сервиса редактирования информации об обучающихся, который используется администраторами для поддержки информации о пользователях в актуальном состоянии;
- 3) сервиса преподавателя, включающего в себя модули формирования и назначения заданий, просмотра статистики обучающегося. Модуль формирования заданий необходим для наполнения и модификации банка заданий. Модуль назначения заданий позволяет назначить задание или группу заданий конкретным обучающимся или группе обучающихся. В модуле просмотра статистики преподаватель может просмотреть статистику конкретного обучающегося или целой группы.

### Алгоритм процесса выполнения заданий по постановке диагноза

Первоначально обучающемуся, выполняющему задание, предоставляется история болезни с набором исходных жалоб пациента, формируемых программной системой на основании жалоб из клинической картины заболевания, диагноз которого необходимо поставить. Клиническая картина заболевания берется из базы диагностики этого заболевания. Далее возможны два варианта.

**Первый вариант.** Обучающемуся достаточно исходного набора жалоб, для того чтобы поставить диагноз. В этом случае он записывает результат выполнения задания (поставленный диагноз) и отправляет его на проверку. Программная система проверяет правильность постановки диагноза, опреде-

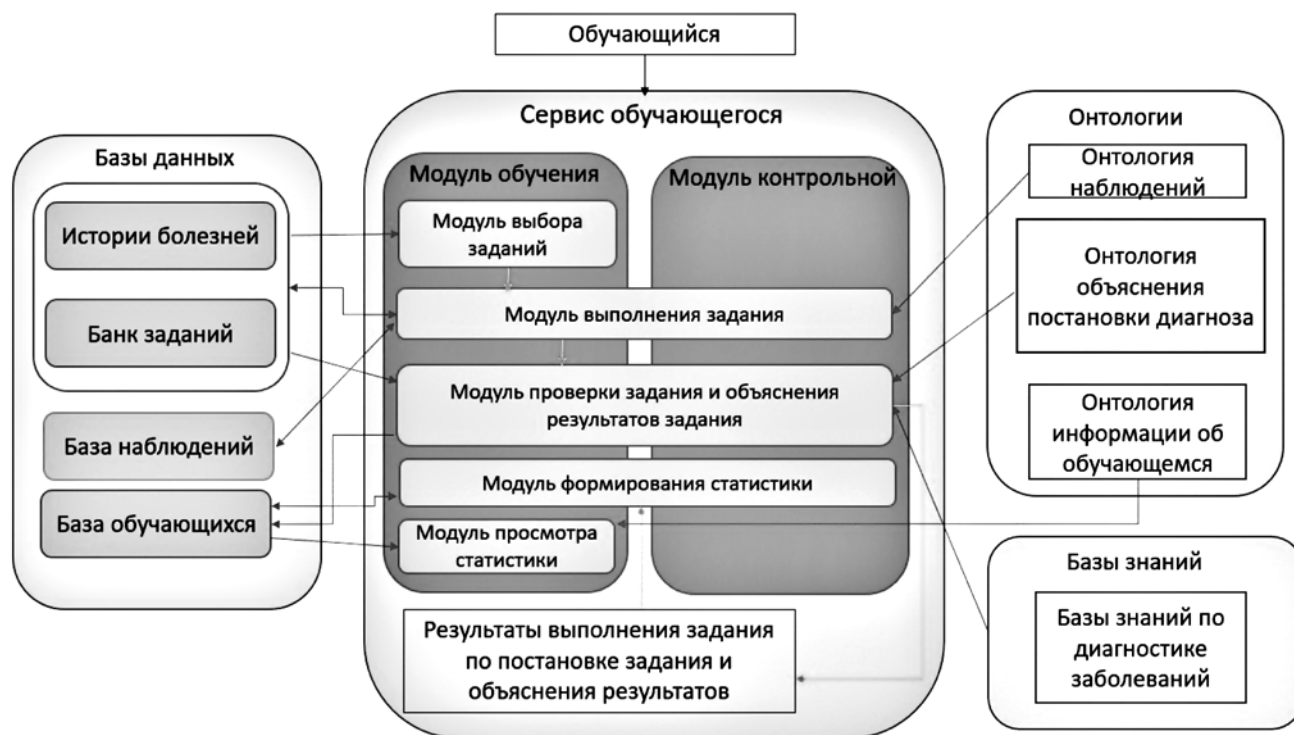


Рис. 3. Архитектура сервиса обучающегося

ляет список не запрошенных обучающимся наблюдений, результаты которых необходимо знать для постановки искомого диагноза и которые указаны в соответствующей базе диагностики заболевания, и на основании онтологии формирует объяснение постановки диагноза, которое и предоставляется обучающемуся.

**Второй вариант.** Обучающемуся недостаточно исходного набора жалоб, для того чтобы поставить диагноз. В этом случае он запрашивает результаты дополнительных наблюдений. Ими могут быть: инструментальные, лабораторные методы исследований; факторы, события, жалобы, которые, по мнению обучающегося, необходимы для правильной постановки диагноза. Программная система в этой ситуации определяет значение для каждого наблюдения следующим образом:

- 1) если наблюдение является частью клинической картины исходного заболевания, то генерируется значение для этого наблюдения (в зависимости от типа значения) на основе базы заболеваний об исходном заболевании;
- 2) если наблюдение не является частью клинической картины исходного заболевания, то следует сгенерировать нормальное значение для этого наблюдения на основе базы наблюдений. Затем необходимо записать дополнительный набор наблюдений с соответствующими значениями в историю болезни с исходным набором наблюдений.

После того как обучающийся ставит диагноз, программная система устанавливает правильность выполнения задания, сравнивая запрошенный обучающимся набор наблюдений с клинической картиной исходного заболевания, и в объяснении обучающемуся указывает, какие из наблюдений не входят в клиническую картину заболевания, следовательно, были запрошены неправильно, а какие запрошены не были, несмотря на то что они входят в клиническую картину с модальностью «обязательность».

### Заключение

Разработка медицинских компьютерных тренажеров для отработки навыков постановки диагноза является актуальной проблемой.

В работе выделены основные требования к созданию медицинских компьютерных тренажеров для отработки знаний по диагностике заболеваний и подходы к их выполнению, подробно рассмотрена архитектура оболочки таких тренажеров, описан процесс выполнения задания по постановке диагноза с помощью тренажера. Часть информационных ресурсов, таких как онтология наблюдений, диагностика заболеваний, исто-

рия болезни, и программных компонентов (например, редактор знаний и данных IWE – одна из составляющих платформы IASPaas) разработаны ранее и повторно используются в данной оболочке.

К настоящему времени прототипная версия тренажера реализована на облачной платформе IASPaas, продолжают работу по ее улучшению.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ 17-07-00956 а.*

### Список литературы:

1. Шубина Л.Б., Мецзякова М.А., Камынина Н.Н., Уткина Г.Ю. Развитие медицинского образования в условиях инновационной экономики // Социальные аспекты здоровья населения. 2010. № 1 (13).
2. Gribova V., Kleshev A., Krylov D., Moskalenko P., Timchenko V., Shalfeyeva E. A Cloud Computing Platform for Lifecycle Support of Intelligent Multi-agent Internet-services // International Conference on Power Electronics and Energy Engineering (PEEE). 2015. PP. 1-7.
3. Грибова В.В., Осипенков Г., Сова С. Концепция разработки диагностических компьютерных тренажеров на основе знаний // International Book Series «Information Science and Computing». 2009. № 12. PP. 27-33.
4. Клецев А.С., Москаленко Ф.М., Черняховская М.Ю. Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика». Ч. 2. Формальное описание причинно-следственных связей, причин значений признаков и причин заболеваний // НТИ. Сер. 2. 2006. № 2. С. 19-30.
5. Москаленко Ф.М., Черняховская М.Ю. Формирование баз знаний о заболеваниях на основе онтологии медицины // Информатика и системы управления. 2009. № 4 (22). С. 200-202.
6. Москаленко Ф.М. Методы решения задачи медицинской диагностики на основе математической модели предметной области. – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2010.

*Валерия Викторовна Грибова,  
д-р техн. наук, зам. директора по научной работе,  
ФГБУН «Институт автоматизации  
и процессов управления» ДВО РАН,  
Георгий Евгеньевич Островский,  
студент,  
Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, e-mail: gribova@iacp.dvo.ru*

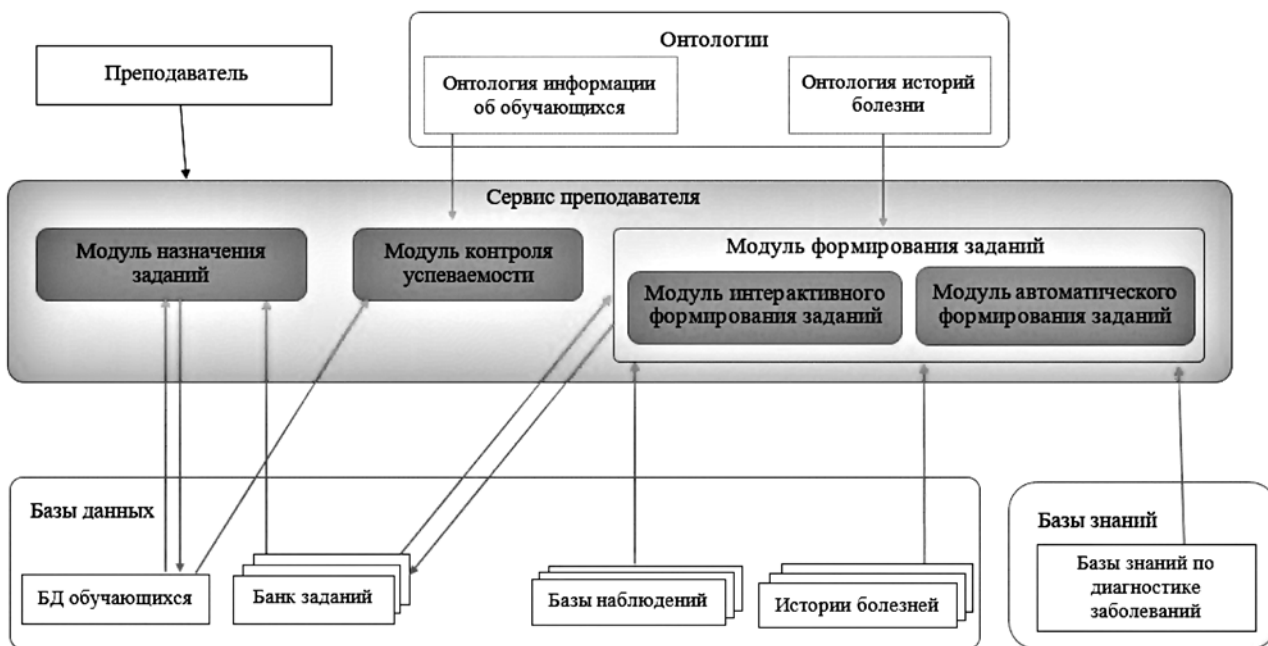


Рис. 4. Сервис преподавателя