

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Валерия Грибова, Александр Клещев

Abstract: В данной работе рассматриваются новые идеи, связанные с созданием жизнеспособных интеллектуальных систем. Дана классификация задач управления, обеспечивающих их жизнеспособность, для каждого класса задач выделены проблемы, возможные методы их решения. Приведены результаты, полученные к настоящему времени по управлению интеллектуальными системами.

Keywords: интеллектуальные системы, онтология, база знаний, решатель задач, пользовательский интерфейс.

ACM Classification Keywords: D.1 Техника программирования D.2.2 Методы и средства проектирования D.2.10 Проектирование D.2.11 Программные архитектуры H.1 Модели и правила H.1.1 Теория систем и информации.

Введение

Исследования в области искусственного интеллекта продолжают более сорока лет и к настоящему времени, с одной стороны, достигнуты значительные успехи, с другой – не наблюдается широкого и повсеместного использования интеллектуальных систем. Основные причины можно видеть в том, что они не соответствуют современным требованиям к ним: системы объяснения и ввода данных жестко встроены в код, их гибкая настройка на потребности пользователей не предусмотрена, базы знаний представлены в виде, непонятном экспертам предметной области, они не могут их сопровождать, в результате чего они быстро устаревают, а доверие к ним специалистов является очень низким. Эти причины ведут к тому, что большинство потенциальных пользователей предпочитают не использовать интеллектуальные системы.

Статистика утверждает, что за время жизненного цикла примерно треть всех усилий затрачивается на разработку программной системы, а две трети – на сопровождение, поскольку требования к ней различных пользователей и условия ее эксплуатации изменяются, что требует постоянной модификации системы. Для снижения трудоемкости модификации были введены понятия структурного программирования, модульности, абстракции данных, объектно-ориентированного программирования, а также сформулированы требования к «хорошему» структурированию кода (влияющему на сопровождаемость). Однако сопровождение программной системы по-прежнему остается очень трудоемким процессом. Учесть все возможные изменения требований и условий эксплуатации на стадии проектирования оказывается невозможным, поэтому после длительных изменений старого программного средства, как правило, возникает необходимость разработки нового, которое сталкивается с теми же проблемами. Чтобы избежать ситуации, когда затраты на сопровождение программной системы могут превысить выгоды от ее использования, программная система должна быть управляемой или жизнеспособной (адаптируемой и адаптирующей). Для этого было предложено сопровождение, под которым понимается изменение ее кода, заменить управлением, под которым понимается решение задач сопровождения программной системы с помощью специальных высокоуровневых механизмов управления, сводящих к минимуму изменение ее кода [Norvig, 1998]. В основе технологии разработки таких систем лежит принцип: все проектные решения, влияющие на пользовательские свойства системы, должны совершенствоваться в процессе накопления опыта ее использования. Эти идеи вызвали

оживленную дискуссию среди программистов, однако не нашли никакого отклика в литературе по интеллектуальным системам, хотя именно там их применение может быть особенно эффективным.

Целью работы является обсуждение проблем жизнеспособности интеллектуальных систем и возможных методов их решения.

Концепция обеспечения жизнеспособности интеллектуальных систем

Традиционные программные средства, детерминировано формирующие свой выход по входу, обычно рассматриваются как черный ящик. Адаптируемые программные средства, допускающие управляющие воздействия, обычно называют открытыми, а имеющие в своем составе и средства управления с обратной связью, формирующие управляющие воздействия, – адаптирующимися или жизнеспособными программными средствами (см. рис. 1)

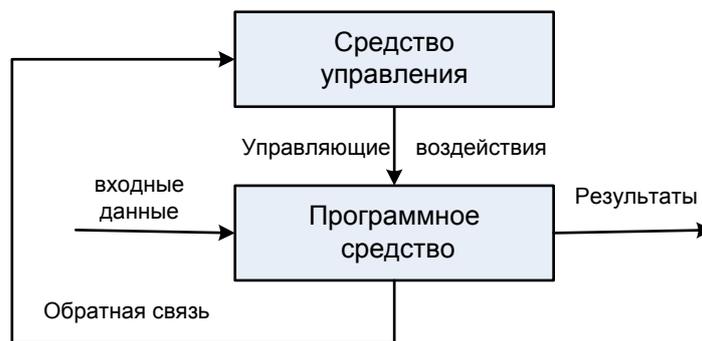


Рис. 1. Система управления программным средством

В основе предлагаемой концепции жизнеспособности интеллектуальных систем лежит принцип управляемости, то есть предлагается заменить сопровождение интеллектуальной системы управлением ею в процессе жизненного цикла [Грибова В.В. и др., 2010].

Архитектуру интеллектуальной системы в первом приближении можно представлять себе как взаимосвязанную тройку, состоящую из базы знаний (и других информационных ресурсов – баз данных, онтологий, метаонтологий и т.п.), решателя задач, реализующего функциональность системы, и пользовательского интерфейса. Цели управления этими тремя компонентами интеллектуальной системы в общем случае различны и в определенной степени независимы. В соответствии с этим в архитектуре системы, управляющей интеллектуальной системой, будем выделять три подсистемы: подсистему управления информационными ресурсами, подсистему управления решателем задач и подсистему управления пользовательским интерфейсом.

Информационные ресурсы	Решатель задач	Пользовательский интерфейс
Ручное управление (интерактивное изменение свойств программы человеком)		
Автоматическое управление (автоматическое, без участия человека изменение свойств программы)		
Автоматизированное управление (смешанный тип управления)		

Рис. 2 Классификация задач управления интеллектуальными системами

Исходя из того, что в архитектуре интеллектуальной системы, как объекта управления, можно выделить три самостоятельных компонента (информационные ресурсы, в том числе базу знаний, решатель задач и пользовательский интерфейс), а в системе, управляющей программной системой, три типа подсистем: ручного управления (интерактивное изменение свойств программной системы человеком), автоматического управления (без участия человека изменение свойств программной системы) и автоматизированного управления (смешанный тип управления), задачи управления интеллектуальными системами можно разделить на 9 классов (рис. 2).

Ручное (интерактивное) управление интеллектуальными системами

Ручное управление компонентами интеллектуальной системы направлено на приведение их содержания в соответствие с представлениями об этом содержании у лиц, управляющих этими компонентами.

Можно выделить три основные проблемы, связанные с ручным управлением интеллектуальными системами:

1. Разнородные классы объектов управления: информационные ресурсы, решатели задач, пользовательские интерфейсы. Задача интерактивного управления базами знаний была решена отечественными и зарубежными учеными еще в конце 80-х-начале 90-х годов прошлого века. Однако эти механизмы не были обобщены на случай интерактивного управления другими классами информационных ресурсов (например, онтологиями, метаонтологиями), а механизмы интерактивного управления программными компонентами (решателями задач и пользовательским интерфейсом) в литературе вообще не рассматривались.

2. Разнородный состав группы управляющих для каждого класса объекта управления. Различными компонентами интеллектуальных систем должны управлять специалисты, относящиеся к различным предметным областям: базами знаний и данных – эксперты и специалисты соответствующих предметных областей, онтологиями – инженеры знаний, программными компонентами – программисты, интерфейсными компонентами – дизайнеры, эргономисты и т.п. Механизмы интерактивного управления, понятные всем этим различным группам управляющих, в литературе также не обсуждались.

3. Достижение согласованности управления интеллектуальными системами. Компоненты интеллектуальной системы связаны между собой и независимое управление этими компонентами может нарушить связи между ними, поэтому при управлении интеллектуальной системой необходимо обеспечить согласованность между различными ее компонентами.

Для решения указанных выше проблем *предлагаются следующие решения:*

- представлять все компоненты интеллектуальной системы в виде декларативных информационных ресурсов;
- разработать общий подход к интерактивному управлению информационными ресурсами, при котором с каждым информационным ресурсом связывается своя формально представленная концептуальная система;
- представлять связи между компонентами интеллектуальных систем также в виде декларативных информационных ресурсов.

В информационном ресурсе важна информация и ее удобное представление для управляющего, а не способ компьютерного представления, т.е. рассматриваются только концептуальные информационные ресурсы, которые могут обрабатываться интеллектуальными системами, а структура и содержание которых понятны управляющим ими. Из вышесказанного следует, что концептуальные информационные ресурсы, в том числе и базы знаний, имеют декларативное и структурное представление (такой информационный ресурс можно представлять в виде семантической сети, структура которой определяется некоторой метаинформацией, а каждый термин, вводимый в этой сети, относится к некоторому классу, определяемому этой метаинформацией).

Метаинформацию концептуального информационного ресурса можно рассматривать как его онтологию, как грамматику, порождающую этот ресурс, как сценарий диалога с пользователем при редактировании этого ресурса и как основу языка запросов к этому ресурсу со стороны интеллектуальной системы. Концептуальный информационный ресурс является неразрывной парой, состоящей из метаинформации и собственно содержания (контента) этого ресурса, которые находятся между собой в определенном соответствии. Представление баз знаний и других информационных ресурсов в виде семантических сетей в настоящее время является почти общепринятым. На рис. 3 приведен фрагмент медицинской базы знаний в форме семантической сети.

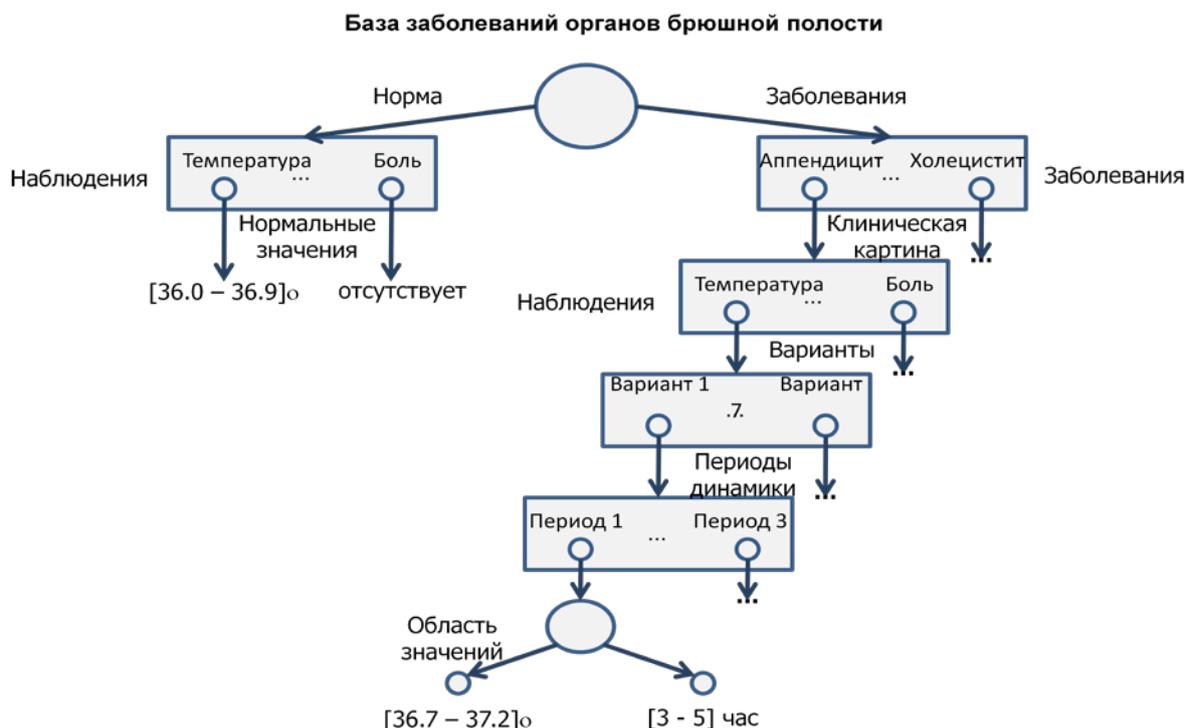


Рис. 3 Представление базы знаний в виде декларативного информационного ресурса (семантической сети)

В настоящее время все большую популярность приобретает технология, при которой решатель задач интеллектуальных систем строится из агентов. В работе [Клещев А.С., 2009] введено представление агентов в виде декларативно-процедурных информационных ресурсов: решатель состоит из множества блоков, а каждый блок состоит из онтологии сообщений и множества продукций. При этом каждый решатель состоит из трех информационных ресурсов:

- сети агентов, определяющей, какие агенты входят в решатель,
- управляющего графа, позволяющего агентам находить адресатов посылаемых ими сообщений,
- схемы распределения, устанавливающей ограничения на распараллеливание агентов при исполнении решателя в многопроцессорной среде (может отсутствовать) [Крылов Д.А., 2010].

В работах [Грибова В.В., 2005], [Грибова В.В., 2006] показано, что модель пользовательского интерфейса также может быть представлена в виде декларативного информационного ресурса, состоящего из следующих основных компонентов:

- модели задач,
- модели предметной области,
- модели пользователя,
- модели представления
- модели сценария диалога.

По декларативно представленной модели универсальный процесс интерпретации полностью определяет поведение интерфейса [Грибова В.В., 2008]. Таким образом, все компоненты интеллектуальной системы и связи между ними могут быть представлены в виде семантических сетей – декларативных информационных ресурсов.

Концептуальная система информационного ресурса входит в его метаинформацию и позволяет представить информационный ресурс в форме, понятной для управляющего им, через процесс визуализации (в форме семантической сети или текста). На рис. 4 приведено формальное представление (на структурно-логическом языке) концептуальной системы медицинской базы знаний. Таким образом, для включения в процесс управления специалистов различных предметных областей, с каждым информационным ресурсом связывается своя формально представленная концептуальная система.

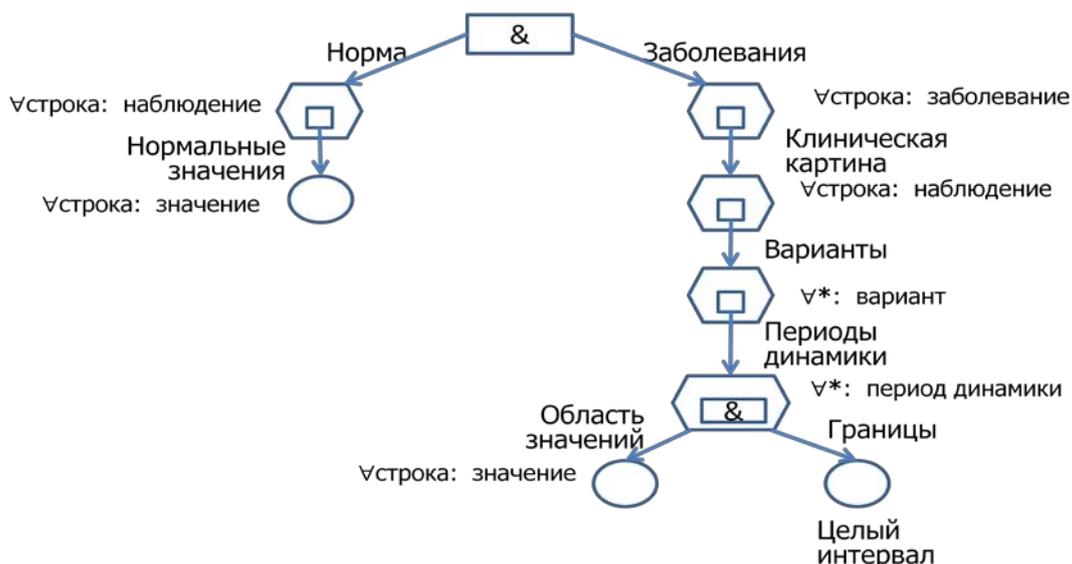


Рис. 4 . Пример концептуальной системы декларативного информационного ресурса

Средством управления (созданием и редактированием) декларативными информационными ресурсами (онтологиями, базами знаний и данных) является разработанный универсальный редактор классов семантических сетей, который интерпретирует метаинформацию информационного ресурса (метаинформацию создает инженер знаний) и генерирует интерфейс для управляющего этим информационным ресурсом [Клецев А.С., 2006].

Автоматическое управление интеллектуальными системами

Проблемами, связанными с автоматическим управлением интеллектуальными системами, являются:

- 1. Разнородные классы объектов управления: информационные ресурсы, решатели задач, пользовательские интерфейсы.** Данная проблема является общей для всех задач управления, метод ее решения рассмотрен выше.
- 2. Разнородность состояний объекта управления (автоматическое управление в периоды функционирования объекта и между этими периодами).** Данная проблема состоит в том, что наряду с задачами ручного и автоматического управления интеллектуальной системой в периоды, когда она не функционирует, возникают задачи автоматического управления ею во время ее функционирования.
- 3. Достижение согласованности механизмов ручного управления с механизмами автоматического управления.** Механизмы автоматического управления должны быть согласованы с механизмами ручного управления, чтобы управляющие могли контролировать процессы автоматического управления.
- 4. Различная степень неопределенности в задачах автоматического управления.**

Разнородность классов объектов управления пока не позволила найти общих, проблемно-независимых решений для задач автоматического управления, поэтому в настоящее время предлагается использовать и проблемно-зависимые решения.

Так, для автоматического управления базами знаний к настоящему времени разработаны лишь проблемно-зависимые механизмы (для онтологии медицинской диагностики). Примером такого механизма автоматического управления с обратной связью является итеративный алгоритм индуктивного формирования медицинской базы знаний. Он состоит из двух асинхронных процессов (см. рис. 5) - первый из них обрабатывает поступающие один за другим примеры из обучающей выборки и после обработки некоторой порции новых примеров передает результат своей работы (множество альтернативных баз знаний) второму процессу для выбора из этого множества наилучшей базы знаний и обновления рабочей базы знаний [Клещев А.С., 2006].

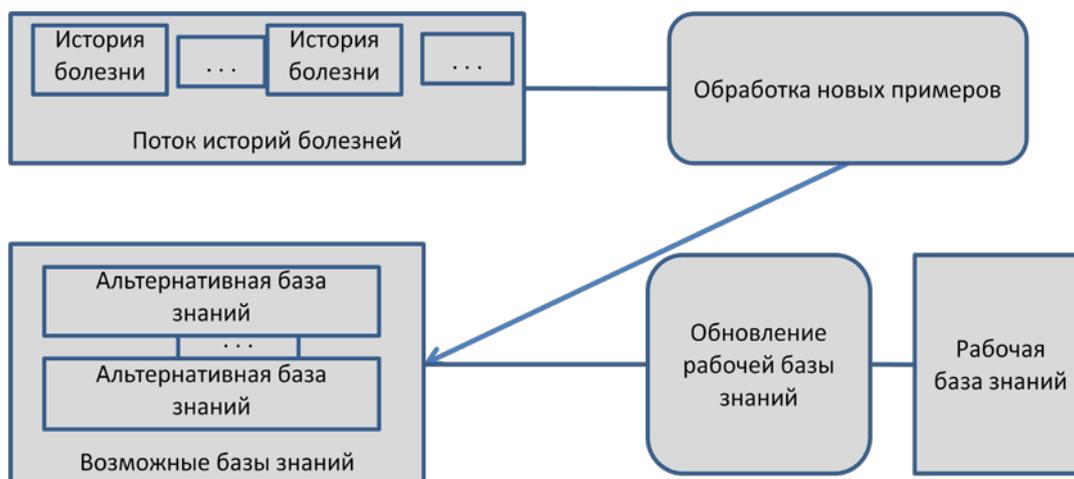


Рис. 5 Итеративный метод индуктивного формирования баз медицинских знаний

Для автоматического управления пользовательским интерфейсом разработаны проблемно-независимые механизмы – механизм автоматической адаптации к данным и особенностям пользователей [Грибова В.В., 2010]. Этот механизм на основе динамических характеристик пользователя, а также формируемых решателями задач наборов данных формирует визуальное представление диалога, соответствующее как требованиям юзабилити, так и индивидуальным особенностям пользователей системы. Для автоматического управления решателями задач предложены как проблемно-зависимые, так и проблемно-независимые механизмы.

Примером проблемно-независимого механизма в решателе задач является автоматическое распараллеливание функционирования агентов на многоагентной платформе. Управление осуществляется на четырех уровнях – интеллектуальные системы функционируют параллельно друг с другом, запускаемые через информационно-административную систему на основе информации о полномочиях пользователей; агенты внутри каждой интеллектуальной системы взаимодействуют друг с другом асинхронно с помощью коммуникационной системы на основе управляющего графа; распараллеливание агентов внутри интеллектуальной системы управляется схемой распределения агентов в интеллектуальной системе; а равномерная нагрузка на узлы вычислительной фермы (сервер, клиентские компьютеры, многопроцессорные системы) достигается алгоритмом балансировки [Крылов Д.А., 2010].

Примером проблемно-зависимого механизма является автоматическое управление решателем задач экспертной системы медицинской диагностики. На рис. 6 схематично представлен механизм управления таким решателем, когда результаты мониторинга базы знаний, выполняемого каждый раз после ее

изменения, позволяют сократить множество проверяемых гипотез при обработке решателем каждой истории болезни на основе жесткой системы правил.



Рис. 6 Автоматическое управление решателем задач экспертной системы медицинской диагностики

Решением второй проблемы (два состояния объекта управления), является использование наряду с внешними механизмами также и внутренних механизмов автоматического управления. Внешние механизмы обеспечивают автоматическое управление базами знаний между периодами функционирования интеллектуальных систем (примером является рассмотренный выше итеративный метод индуктивного формирования баз медицинских знаний), а внутренние механизмы – автоматическое управление решателями задач (механизм автоматического распараллеливания функционированием агентов на многоагентной платформе) и пользовательскими интерфейсами (механизм автоматической адаптации к данным и особенностям пользователей) в периоды их функционирования.

Проблема достижения согласованности механизмов автоматического управления с механизмами ручного управления осуществляется через использование метаинформации в механизмах внешнего управления. Ранее отмечалось, что использование метаинформации позволяет представлять информационные ресурсы в виде, понятном для управляющих. Использование той же метаинформации позволяет управляющим следить и за процессом автоматического управления информационными ресурсами, например, базами знаний.

Решением проблемы различной степени неопределенности в механизмах автоматического управления является использование систем правил и механизмов с обратной связью. Так, если степень неопределенности в задаче автоматического управления не высока, то механизм автоматического управления может строиться на основе системы правил, но в случае высокой степени неопределенности в некоторых задачах приходится разрабатывать механизмы автоматического управления с обратной связью. Среди рассмотренных выше примеров итеративные методы индуктивного формирования знаний и автоматической адаптации к особенностям пользователей построены на основе механизмов с обратной связью. С использованием систем правил реализованы механизмы автоматического распараллеливания функционированием агентов и автоматической адаптации к данным.

Автоматизированное управление

Проблемами, связанными с автоматизированным управлением интеллектуальными системами, являются:

1. **Разнородные классы объектов управления: информационные ресурсы, решатели задач, пользовательские интерфейсы.**
2. **Разнородный состав группы управляющих для каждого класса объекта управления.**
3. **Объединение механизмов ручного и автоматического управления.** Данная проблема состоит в том, как организовать взаимодействие между управляющим и механизмами автоматического управления.

Решение первых двух проблем возможно через совместное использование механизмов, разработанных для ручного и автоматического управления. Объединение же механизмов ручного и автоматического управления либо дает возможность управляющему корректировать результаты автоматического управления, либо через интерактивные механизмы показывать решение частных задач, которые затем обобщаются механизмами автоматического управления и используются решателем.

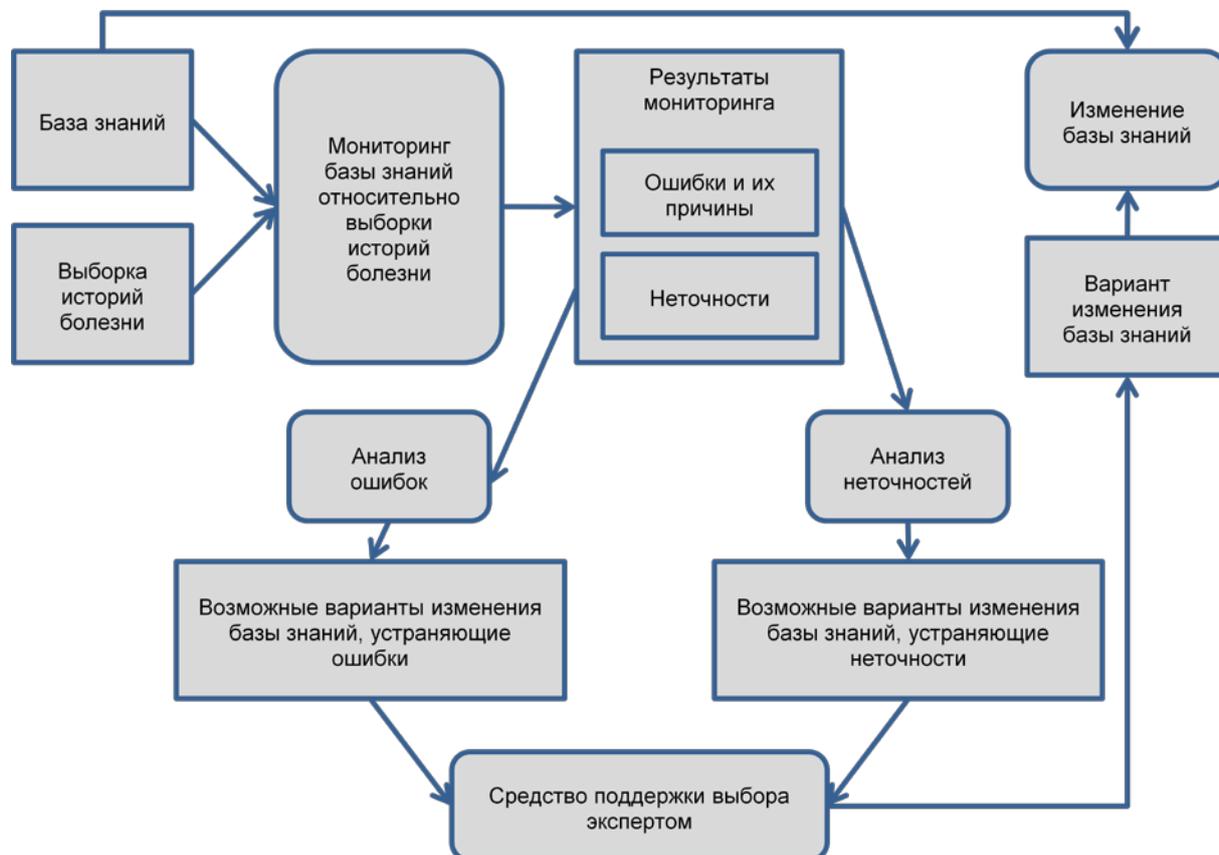


Рис. 7 Схема отладки базы медицинских знаний.

Примером задачи автоматизированного управления может служить задача отладки баз медицинских знаний, где мониторинг базы знаний относительно выборки историй болезни выявляет ошибки и неточности в этой базе знаний, механизмы индуктивного формирования баз знаний определяют возможные варианты устранения этих ошибок и неточностей, а управляющий базой знаний эксперт выбирает из этих вариантов те, которые он считает наилучшими. (см. рис. 7).

Заключение

Жизнеспособность интеллектуальных систем предполагает, что она должна содержать не только базу знаний, метод решения задач и способы взаимодействия с пользователями, но также и модели механизмов управления ими. При этом коллектив управляющих интеллектуальной системой, состоящий из экспертов предметной области, инженеров знаний, дизайнеров и программистов должен целенаправленно улучшать свойства интеллектуальной системы и адаптировать ее к изменениям, происходящим в процессе жизненного цикла. При этом сам процесс управления интеллектуальными системами, формирование команды управляющих и правила ее работы являются новыми и требуют экспериментального изучения. Необходимо там, где это возможно, обобщать опыт управления интеллектуальными системами и разрабатывать проблемно-независимые модели, механизмы и средства управления, а также заменять ручное управление на автоматическое и автоматизированное. В настоящее

время в коллективе, в котором работают авторы, разработаны и используются некоторые как проблемно-зависимые, так и проблемно независимые механизмы для ручного, автоматического и автоматизированного типов управления, работы в данном направлении продолжаются.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект "Управление концептуальными метаонтологиями, онтологиями, знаниями и данными в интеллектуальных системах" (10-07-00089-а) и ДВО РАН в рамках Программы №2 Президиума РАН, проект "Развитие систем управления базами знаний с коллективным доступом" (09-1-П2-04)

Литература

- [Norvig, 1998] P. Norvig, D. Cohn. Adaptive software. URL: <http://norvig.com/adapaper-pcai.html>
- [Грибова В.В. и др., 2010] Грибова В.В., Клещев А.С., Шалфеева Е.А. Управление интеллектуальными системами // Известия РАН. Теории и системы управления.- 2010.- № 6.- С. 122-137.
- [Клещев А.С., 2009] Клещев А.С. Концепция многоагентной системы в многоцелевом компьютерном банке знаний // Четвертая международная конференция по проблемам управления: Сборник трудов. М.: Учреждение РАН Институт проблем управления имени В.А.Трапезникова РАН.- 2009.- С. 1585-1595. ISBN 978-5-91450-026-6 [Электрон.].
- [Крылов Д.А., 2010] Крылов Д.А. Облачная платформа для создания и управления интеллектуальными Интернет-сервисами // Инфокоммуникационные и вычислительные технологии и системы: материалы III Междунар. конф. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета.- 2010.- С. 180-183. ISBN 978-5-9793-0282-9
- [Грибова В.В., 2005] Грибова В.В., Клещев А.С. Использование методов искусственного интеллекта для проектирования пользовательского интерфейса // Информационные технологии.- 2005.- №8. - С.58-62.
- [Грибова В.В., 2006] Грибова В.В., Клещев А.С. Управление проектированием и реализацией пользовательского интерфейса на основе онтологий // Проблемы управления.- 2006.- №2.- С.58-62.
- [Грибова В.В., 2008] Грибова В.В. Модель генерации кода пользовательского интерфейса для различных типов диалога // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета. – 2008. – №3. – С.145-151. – ISSN 1994-2354.
- [Клещев А.С., 2006] Клещев А.С., Орлов В.А. Компьютерные банки знаний. Универсальный подход к решению проблемы редактирования информации// Информационные технологии.- № 5.- 2006.- С. 25-31.
- [Клещев А.С., 2006] Клещев А.С. Задачи индуктивного формирования знаний в терминах непримитивных онтологий предметных областей. Научно-техническая информация.-Серия 2.- 2003.- № 8- С. 8-18.
- [Грибова В.В., 2010] Грибова В.В., Черкезишвили Н.Н. Развитие онтологического подхода для автоматизации разработки пользовательских интерфейсов с динамическими данными // Информационные технологии.- 2010.- №10.- С. 54-58.

Информация об авторах

Валерия Грибова — д.т.н., зав. лабораторией интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, ул. Радио, 5, тел. +7 (4323) 314001, gribova@iacp.dvo.ru, <http://www.iacp.dvo.ru/is>.

Александр Клещев — д.ф.-м.н., главный научный сотрудник отдела Интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, ул. Радио, 5, тел. +7 (4323) 310421, kleshev@iacp.dvo.ru, <http://www.iacp.dvo.ru/is>.