

БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ЗНАНИЙ¹

УДК 004.9

Василий Михайлович Трембач,
к.т.н., доцент, профессор кафедры ПИЭ,
МЭСИ, доцент кафедры 304, МАИ
Тел.: 8 (499) 192-75-22
Эл. почта: trembach@yandex.ru

В статье рассматриваются подходы и методы использования бортовых вычислительных комплексов различного назначения на основе систем управления базами знаний. Рассматриваются механизмы и методы решения некоторых задач. Показана демо-версия системы управления базами знаний.

Ключевые слова: бортовой вычислительный комплекс, система управления базами знаний, машинное обучение, планирование, сети Петри.

Vasily M. Trembach,
PhD in Technical Science, Associate Professor,
Professor of Department of Applied Informatics in Economics, Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics (MESI), Associate Professor of Department 304, Moscow State Aviation Institute
Tel.: 8 (495) 442-80-98
E-mail: trembach@yandex.ru

ONBOARD COMPUTATIONAL FACILITY IN TERMS OF KNOWLEDGEBASE MANAGEMENT SYSTEMS

The article considers approaches and usability techniques of onboard computational facilities for different purposes based on the knowledgebase management systems. Mechanisms and methods of the solution of some tasks are described. The demo version of the knowledgebase management system is shown.

Keywords: onboard computational facility, knowledgebase management system, machine learning, planning, Petri nets.

1. Введение

В настоящее время большой интерес, в области приложений вычислительной техники, вызывают бортовые вычислительные комплексы (БВК). Это связано с их огромной ролью при решении многих задач в авиации, космонавтике, робототехнике, автомобилестроении, управлении морскими автономными объектами и др.

В современных условиях для нашей страны острым становится вопрос развития собственных исследований и разработок в области передовых технологий. Выступая на заседании Совета по науке и образованию президент России Владимир Путин дал указания ученым определить потребность российских промышленных предприятий в специалистах в среднесрочной и долгосрочной перспективе. При этом он отметил, что в список обязательно попадут специальности в таких областях, как робототехника, биотехнологии, инжиниринг и дизайн, превентивная и персональная медицина [1]. Несомненно, важное место отводится и авиакосмической робототехнике.

Для современных БВК должны использоваться передовые наработки и, в первую очередь, интеллектуальные технологии. В статье рассматривается БВК на основе системы управления базами знаний (СУБЗ), механизмы и методы решения некоторых задач. Показана демо-версия системы управления базами знаний.

2. Бортовые вычислительные комплексы

Бортовые вычислительные комплексы находят применение во многих областях. В космосе БВК используются на пролетных, спускаемых космических аппаратах для доставки аппаратуры к месту запланированных исследований (планете, спутнику планеты Солнечной системы, астероиду, комете и т.д.). В авиации БВК обеспечивают полет воздушных судов, беспилотных летательных аппаратов. Используются бортовые вычислительные комплексы в автомобилях, выполняя самые разные задачи от управления работой отдельных агрегатов до автономного управления движением автомобиля без участия человека. БВК стали важным элементом роботов самого различного назначения.

Для фундаментальных и прикладных научных исследований в космосе БВК использовались в ходе реализации программы «Фобос» (1988). Целью программы было исследование Марса и его спутника Фобоса. БВК обеспечивал работу служебных систем во время перелета к Марсу и проведения научных исследований.

В современных космических, подводных, летательных аппаратах, роботах и робототехнических системах используются различные подходы к организации их работы под управлением вычислительных комплексов. Это объясняется разными требованиями к процессам формирования управляющих воздействий и определяется, в основном, решаемыми задачами в заданной предметной области. Для разрабатываемых роботов уже недостаточно даже больших библиотек заранее составленных программ. С расширением среды обитания робота трудно заранее предусмотреть все ситуации. Поэтому ведутся разработки по использованию в БВК знаний, позволяющих находить решения по выходу из новых ситуаций. Кроме того эти знания должны отражать накапливаемый объектом опыт. Вопросы накопления, хранения и использования знаний интеллектуальными системами находятся в центре исследований по искусственному интеллекту.

¹ Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 14-07-00880.

3. Системы хранения и использования данных

Первые вычислительные машины и устройства, используемые для решения задач управления, были ориентированы на обработку чисел. В это время возможности компьютеров по хранению информации были очень ограниченными. С развитием вычислительной техники появляются новые задачи, требующие обработки не отдельных числовых значений, а массивов. Появляются информационные системы, представляющие собой программно-аппаратные комплексы способные выполнять надежное хранение информации; решение прикладных задач, требующих выполнения специфических преобразований информации и вычислений; удобный, интуитивно понятный для пользователя интерфейс.

Для решения таких задач уже требовались новые подходы, связанные с управлением обработкой данных. Формируются и развиваются технологии баз данных. История баз данных, начинается с 1955 г., когда появилось программируемое оборудование обработки записей. Программное обеспечение этого времени поддерживало модель обработки записей на основе файлов. В конце 1960-х годов появилась концепция баз данных (БД) которая, с тех пор, постоянно развивается и включает множество этапов. С 1979 года стали широко использоваться системы управления базами данных (СУБД) для персональных компьютеров. Появление и развитие сетевых технологий привело к появлению клиент-серверной модели, а так же модели с совместным использованием файлов.

Дальнейший этап развития СУБД связан с возрастанием информационных потребностей и развитием сетевых технологий. Особенностью современных информационных технологий является распределенный характер информации. К настоящему времени СУБД становятся важной составной частью многих информационных систем, выполняя при этом поиск с использованием различных запросов, хранение, целостность, поиск по нескольким критериям.

Развитие технологий создания вычислительных устройств, программных систем, расширение задач привело к появлению нового класса информационных систем – интеллектуальные информационные системы (ИИС). Значительную часть среди ИИС занимают системы, основанные на знаниях (СОЗ). Эти системы использовали знания экспертов и были ориентированы на решение сложных, трудноформализуемых задач. Быстрое расширение сфер применения экспертных систем, решателей задач, обучающих систем поддержки принятия решений и др. потребовало развития соответствующих инструментальных средств, для создания прикладных СОЗ.

На основе имеющихся средств разработки создавались приложения, использующие знания экспертов. В ранних СОЗ базы знаний использовали СУБД, как средство для хранения элементов единиц знаний. Основой СОЗ является база знаний (БЗ) из предметной области, в которой решаются задачи. Для работы с БЗ необходимо управление процессами решения прикладных задач, которое осуществляется самой прикладной программой, что делает трудоемким разработку новых ИИС. Снижение затрат на разработку новых СОЗ возможно, если использовать готовые решения в специально выделяемых в СОЗ системах управления базами знаний.

4. Системы управления базами знаний

Совершенствование технологий по созданию и использованию приложений во многих областях необходимы структурированность, эффективный доступ и управление большими базами знаний. Такие БЗ не могли быть созданы при использовании существовавших инструментов (языков программирования высокого уровня, оболочек экспертных систем) потому, что они не расширяются. Базы знаний не могли создаваться и использоваться с точки зрения существовавшей технологии баз данных, так как они (технологии БД) не поддерживают богатую выразительную структуру и механизмы вывода, требуемые

для СОЗ. Кроме того, имеющиеся механизмы оптимизации не ориентированы на использование богатой структуры и семантических свойств баз знаний.

Для решения рассмотренных проблем, в конце прошлого столетия, с 1985 по 1995 годы, в университете Торонто (Канада), разрабатывался проект KBMS (Knowledge Base Management System) [14,15]. Основной целью этого проекта было создание универсальной архитектуры системы управления базой знаний, предназначенной для развивающихся компьютерных приложений.

К настоящему времени нет общепризнанных определений понятиям «база данных» и «база знаний». Автор принимает точку зрения, изложенную в работе [14], где отмечается, что технических различий между терминами «База знаний» и «База данных» нет, в связи с тем, что многофункциональные (расширенные) системы управления базами данных, такие как управление объектно-ориентированными, активными и дедуктивными базами данных, поддерживают некоторый дедуктивный и не дедуктивный механизмы выводов и средства структурирования, аналогичные с базами знаний. Разница в значении этих двух терминов, если она имеется, в основном в том, в какой степени системы поддерживают представление, структурирование и возможность вывода.

В основу рассматриваемой СУБЗ положена расширяемая, многоуровневая архитектура. Расширяемая архитектура позволяет СУБЗ работать как с механизмами вывода общего назначения, так и со специальными механизмами вывода. Специальные механизмы вывода, например, механизм пространственного мышления или механизм на основе доказательной аргументации, встраиваются в зависимости от потребностей специальных приложений, в то время как механизмы вывода общего назначения являются одинаковыми для всех приложений. Многоуровневая архитектура поддерживает проектирование кода, основанное на по-

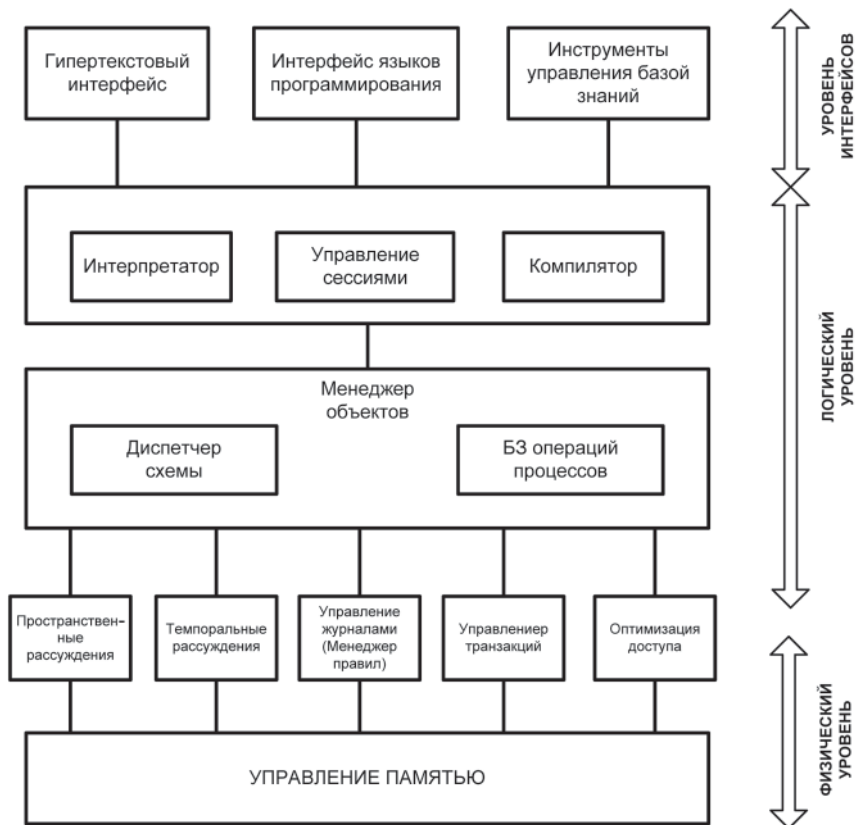


Рис. 1. Общая архитектура системы управления БЗ

вышении уровня абстракции, что позволяет разбивать общую задачу проектирования СУБЗ на несколько подзадач. В такой архитектуре использован стандартный интерфейс для каждого уровня и его компонентов, что позволяет многократно их использовать в различных СУБЗ. Полученная архитектура системы управления базой знаний (рис. 1), включает три уровня:

уровень интерфейсов, который предлагает различные виды пользовательских интерфейсов;

логический уровень, который выполняет примитивные операции по извлечению знаний и обновлению базы знаний;

физический уровень, который управляет структурами данных для хранения баз знаний, различных показателей и другой вспомогательной информации.

Уровень интерфейсов предлагает множество пользовательских служб баз знаний, включая гипертекстовый интерфейс для оперативного взаимодействия с пользователем и интерфейс языков про-

граммирования (PL), который поддерживает выполнение прикладных программ, включающих операции базы знаний. Кроме того, уровень интерфейсов может включать инструменты системы управления базой знаний для сбора знаний, проверки базы знаний, проверки ограничений, развития и обмена знаниями. Службы уровня интерфейсов соединяются с логическим уровнем через интерпретатор языка представления знаний, управление сеансами и компилятор.

Логический уровень поддерживает информацию об определениях классов, включая правила и ограничения, и поддерживает примитивные операции базы знаний. Его службы реализованы поверх физического уровня (набора модулей), которые предусматривают функции управления исходными данными: трассировка пути доступа, планирование эффективной обработки запроса и параллельное выполнение протоколов, блоки рассуждений специального назначения для временных, пространственных или

других типов обоснования (логик), а также компонент управления правилами, который поддерживает дедуктивный вывод и проверку ограничений.

Физический уровень отвечает за управление: структурами данных, находящимися на диске, и на которых база знаний сохранена; индексами, поддерживаемыми архитектурой; политикой кэширования, и т.д.

При решении задач реальной сложности система управления БЗ должна иметь возможности для концептуального представления действительности, хранения и использования высокоструктурированных знаний. Наличие в архитектуре СУБЗ проекта KBMS [15] на уровне интерфейсов модуля инструментов управления БЗ позволяет иметь блоки управления БЗ для решения различных задач. Но современные приложения являются сложными ориентированными на меняющиеся задачи и методы их решения, что требует больших затрат на их актуализацию и даже перепроектирование интеллектуальной системы. Проектирование и перепроектирование является ресурсоемким мероприятием из-за необходимости создания в каждом приложении своих, уникальных модулей инструментов управления БЗ. Для уменьшения ресурсов на создание новых СОЗ необходимо в СУБЗ наличие готовых оболочек различных инструментов не только для управления БЗ, но и решения прикладных задач.

5. Методы и операции, используемые в СУБЗ для решения задач

Интеллектуальные обучающие системы, построенные на основе СУБЗ, ориентированы на решение большого круга задач. Для их эффективного решения необходимо использовать определенные методы и операции, основными из которых являются:

- методы машинного обучения,
- прогнозирование,
- планирование,
- формирование и валидация баз знаний.

В настоящее время существует много направлений реализации машинного обучения, среди которых можно отметить [8]:

- основанные на символьном представлении знаний, информации;
- на основе сетей взвешенных связей;
- использующие эволюционное моделирование.

Приобретение знаний с использованием символьного представления знаний, информации. Имеется много методов, среди которых можно выделить следующие:

– Классификация понятий. В основу заложено индуктивное формирование понятий [3], которое сводится к выделению конъюнкций значений признаков в положительной (отрицательной) выборке примеров или в отдельных их частях.

– Алгоритм Бонгарда. Понятие отыскивается в форме дизъюнкции конъюнкций переменных или их отрицаний. [2].

– Алгоритм Ханта [13].

– Алгоритм Гладуна. Система формирования понятий Гладуна основывается на растущих пирамидальных сетях (РПС), реализующих гипотезу о закономерностях структурирования информации при ее восприятии [3].

– Алгоритмы поиска в пространстве понятий. Работают за счет сужения пространства версий с появлением новых примеров [8].

– Алгоритм ID3 обеспечивает изучение понятий на примерах [8].

– Обучение с подкреплением [7,8] и др.

Системы, функционирующие на основе сетей взвешенных связей, не предполагают явного использования символьного представления в задаче обучения. Интеллектуальные свойства этих систем обеспечиваются взаимодействием простых компонентов (моделей сущностей, биологических или искусственных нейронов) и настройкой связей между ними в процессе обучения или адаптации. Данные системы являются распределенными. Информация в них обрабатывается параллельно. Все нейроны одного слоя одновременно и независимо друг

от друга получают и преобразуют входные данные. В нейросетевых моделях символьное представление, вместе с тем, играет важную роль в формировании входных данных и интерпретации выходных значений.

Другим примером приобретения знаний (решений новых задач), с использованием взвешенных связей, является *алгоритм муравья* [4].

Для приобретения знаний с применением эволюционных моделей могут использоваться генетические алгоритмы, генетическое программирование, обучающиеся классификаторы, эволюционное программирование, искусственная жизнь [8].

Решение задачи прогнозирования. Для прогнозирования многомерных процессов при интегрированном подходе к представлению ситуаций задача прогнозирования процессов, в общем случае, может быть представлена следующим образом [11,12]. Имеется выборка наблюдений. Требуется по данной выборке наблюдений предсказать состояние процесса в следующий момент времени.

Существует ряд методов для решения задач прогнозирования в различных областях [5]:

- цепи Маркова,
- метод комплексирования аналогов,
- с использованием различных детерминированных моделей исследуемого объекта,
- нейросетевые методы,
- методы, основанные на знаниях и др.

Основу метода прогнозирования, при использовании интегрированного подхода к представлению знаний, составляет формирование и использование числовых коэффициентов значимости элементов описания сущностей.

Решения задач планирования с использованием интегрированного подхода к представлению знаний.

Для решения задач планирования с использованием интегрированного подхода к представлению знаний разработан алгоритм [9,10], в основе которого лежит механизм,

описанный Аристотелем и впервые реализованный Ньюэллом и Саймоном в общем решателе задач [8].

Для этой задачи в качестве исходных данных необходимы сведения в виде текущего состояния и требуемого, а благодаря механизму решения таких задач, т.е. интеллекту, определяется путь перехода к требуемому состоянию.

Требуемое состояние представляется в виде отображения (образа) реального мира, а текущее состояние есть отображение (образ) реального мира в текущий момент времени.

Кроме исходного и требуемого состояний системе с интеллектом необходимы знания. Для представления знаний используется интегрированный метод представления знаний. С его помощью задается модель проблемной области.

Модель предметной области определяется как отражение в интеллектуальной системе элементов и признаков действительности (реального мира), их отношений. В простейшем случае такая модель включает описания всех операций и параметров, необходимых для решения задачи или класса задач. Описание сущности – операции, включает три составляющих: Имя операции; Условия возможности выполнения операции; Условия контроля выполнения операции.

Имя операции может представлять собой код или набор символов, а условия задаются наборами состоящими из имени параметра и значения этого параметра.

Кроме определения условий параметры используются для задания текущего состояния предметной области в виде набора имен параметров с их текущими значениями и для задания требуемых значений в виде набора имен параметров с их требуемыми значениями.

Решение задачи планирования операций (плана перехода из текущего состояния в требуемое), может включать несколько шагов [8,9,11]. На начальном шаге происходит сравнение требуемого состояния предметной области с текущим. При несовпадении формируется запрос к модели предмет-

ной области для поиска множества операций, необходимых для перевода в требуемое состояние. По этому запросу выбираются и условия возможности выполнения операций, из которых формируется требуемое состояние для следующего шага планирования и т.д., до тех пор, пока на одном из шагов планирования не будут устранены различия между текущим и требуемым состояниями.

Для описания алгоритма формирования планов решений используются следующие обозначения:

$S_{ц0}$ – описание целевого состояния задачи;

$S_{цi}$ – описание целевого состояния для i -го шага планирования;

$S_{перi}$ – описание различий между целевым состоянием и текущим (модели перевода) для i -го шага планирования;

$S_{текi}$ – описание текущего состояния в контексте i -го шага планирования;

i – номер шага планирования;

С использованием введенных сокращений алгоритм функционирования интеллектуальной системы будет иметь следующий вид:

1. Получить описание состояния цели – $S_{ц0}$. Установить первый шаг планирования: $i = 1$. Зафиксировать состояние цели для первого шага планирования $S_{цi} = S_{ц0}$.

2. Формирование текущего состояния для i -го шага планирования. По именам параметров из $S_{цi}$ запрашиваются их текущие значения, т.е. формируется $S_{текi}$.

3. Сравнение $S_{цi}$ и $S_{текi}$. Формирование $S_{перi}$ из параметров, текущие значения которых не совпали с требуемыми.

4. Если $S_{перi} = \text{ЖВыбор операций содержащих в «условиях контроля выполнения операции» такие параметры и их значения, как в } S_{перi}$.

5. Из «предусловий» выбранных операций, сформировать образ требуемого состояния для следующего шага планирования $S_{цi+1}$.

6. Установить следующий шаг планирования $i := i + 1$. Перейти к п.2.

7. Конец планирования.

Реализация сформированного плана является важнейшим элемен-

том при организации целенаправленного поведения. Содержит, как действия, для достижения цели, так и контроль за выполнением этих действий.

Осуществляется реализация с выдачи команд, сформированных на последнем шаге планирования, а заканчивается выдачей операций, сформированных на первом шаге планирования.

При решении задач управления объектами реального мира, т.е. переводе из текущего состояния в требуемое состояние, создается предметная область, а с помощью требуемого состояния задается цель управления, для достижения которой необходимо спланировать наборы операций. Текущее состояние, в этом случае, будет соответствовать реальному состоянию проблемной области.

Могут, также, решаться задачи удержания определенного состояния интеллектуальной системы, не зависимо от изменений внешней среды и других возмущений. В этом случае в качестве целевого задается состояние, которое необходимо удержать. Тогда при очередном сравнении состояний будут планироваться операции возврата в требуемое состояние, при обнаружении различий.

Планирование в предметной области может осуществляться не только для технических объектов, но и для объектов другой природы [12]:

- планирование бизнес-процессов;
- планирование для удержания в требуемом состоянии;
- контроль воздействий внешней среды на объект и т.д.

Валидация баз знаний. При решении современных практических задач все больше приходится использовать знания о реальном мире в виде описаний предметных областей. Предметные области представляются описаниями сущностей и множества отношений между ними. Отношения между сущностями могут быть как простыми (элементарными), так и составными с различной степенью сложности. Следует отметить, что множество связей

между сущностями, даже в рамках предметных областей, может изменяться, как количественно, так и качественно. Это обстоятельство вносит определенные обстоятельства в создание и использование интеллектуальных информационных систем, особенно ИИС, ориентированных на решение задач близких к задачам реальной сложности. При необходимости введения новых связей приходится менять значительную часть содержимого базы знаний (БЗ), а иногда систем формирования решений ИИС и их реализации.

Одним из подходов к устранению таких трудностей при использовании ИИС, является использование таких базовых связей, которые позволяли бы, в дальнейшем, описывать вновь возникающие связи между сущностями с приемлемой точностью и достоверностью. Предлагается представлять сложные связи с помощью элементарных на основе использования эволюционирующих знаний [27 Моно-1] для описания предметных областей.

Для снижения вероятности ошибок в сложной связи целесообразно использовать вспомогательные инструменты, как для создания новых сложных связей, так и для анализа существующих. В статье, в качестве таких дополнительных инструментов, использовались сети Петри [6].

6. Демо-пример СУБЗ для формирования планов решения задач

БВК на основе СУБЗ ориентированы на широкий круг решаемых задач, поэтому система управления БЗ должна иметь возможности для концептуального представления действительности, хранения и использования высокоструктурированных знаний. В демо-примере база знаний реализована в виде XML файла, который позволяет структурировать используемые знания. Наличие стандартных библиотек обработки XML файлов облегчает работу с ним. Пример фрагмента базы знаний в XML-формате приведен ниже:

```
<concept name="target_planet"
comments="Поиск планеты">
  <PRDU>
    <element name="target"
val="»0» />
  </PRDU>
  <PSTU>
    <element name="target"
val="»1» />
  </PSTU>
</concept>
<concept name="front_go"
comments="Полет вперед">
  <PRDU>
    <element name="target"
val="»1» />
    <element name="front_
planet" val="»1» />
    <element name="front_
object" val="»0» />
    <element name="near_
planet" val="»0» />
    <element name="ship_
orbit" val="»0» />
    <element name="base_
need" val="»0» />
  </PRDU>
</concept>
</concept>
```

В разработанной демо-версии СУБЗ используются блоки управления БЗ для решения различных задач. Для уменьшения ресурсов на создание новых СОЗ в СУБЗ заложены возможности использования готовых оболочек различных инструментов не только для управления БЗ, но и решения прикладных задач. В демо-версии СУБЗ (рис.2) возможно создание БЗ с помощью вкладки «Редактирование». Для

формирования новых понятий имеется вкладка «Обучение». Задачи классификации могут решаться с помощью вкладки «Распознавание». Вкладки «Планирование» и «Реализация» позволяют сформировать план решения задачи и обеспечить его реализацию.

Для развития демо-версии возможно использовать визуализацию содержимого базы знаний, проверку корректности представления действительности. Возможно использовать средства БВК для решения рассмотренных задач прогнозирования.

7. Заключение

Полученные результаты в ходе создания демо-версии СУБЗ показали перспективность разработки приложений на основе встроенных оболочек решений. Дальнейшее развитие информационных технологий позволяет разрабатывать приложения для использования новых механизмов и подходов. Одним из важных направлений является использование подходов когнитивного моделирования.

Литература

1. Базилишвили М., Президент России поручил ученым рассчитать потребность страны в инженерах, // 25 июня 2014, – http://www.dp.ru/a/2014/06/25/Prezident_Rossii_poruchil/

2. Бонгард М.Н. Проблемы узнавания. – М.: Наука, 1967, 320 с.

3. Гладун В.П. Растущие пирамидальные сети // Новости искусственного интеллекта. – 2004. – № 1. – С. 30–40.

4. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Тим Джонс; Пер. с англ. Осипов А.И. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.

5. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: уч. курс. – СПб: Питер, 2001.

6. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1984. – 160 с.

7. Саттон Р.С. Обучение с подкреплением / Р.С. Саттон, Э.Г. Барто; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 399 с.: ил. – (Адаптивные и интеллектуальные системы)

8. Рассел, Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.

9. Трёмбач В.М. Системы управления базами эволюционирующих знаний для решения задач непрерывного образования: Монография. – М.: МЭСИ, 2013. – С. 255.

10. Трёмбач В.М., Электронные обучающие системы с использованием интеллектуальных технологий. // Научно-практический журнал «Открытое образование», МЭСИ, №4, 2013, с. 52–62

11. Трёмбач В.М., Основные этапы создания интеллектуальных обучающих систем//Программные продукты и системы, №3, 2012, с. 148–152.

12. Трёмбач В.М. Решение задач управления в организационно-технических системах с использованием эволюционирующих знаний: монография. – М.: МЭСИ, 2010. – стр. 236.

13. Хант Э., Марин Дж., Стоун Ф. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине. – М.: Мир, 1970, 301 с.

14. Mylopoulos, J., Chaudhri, V.K., Plexousakis, D., Shrufi, A.,

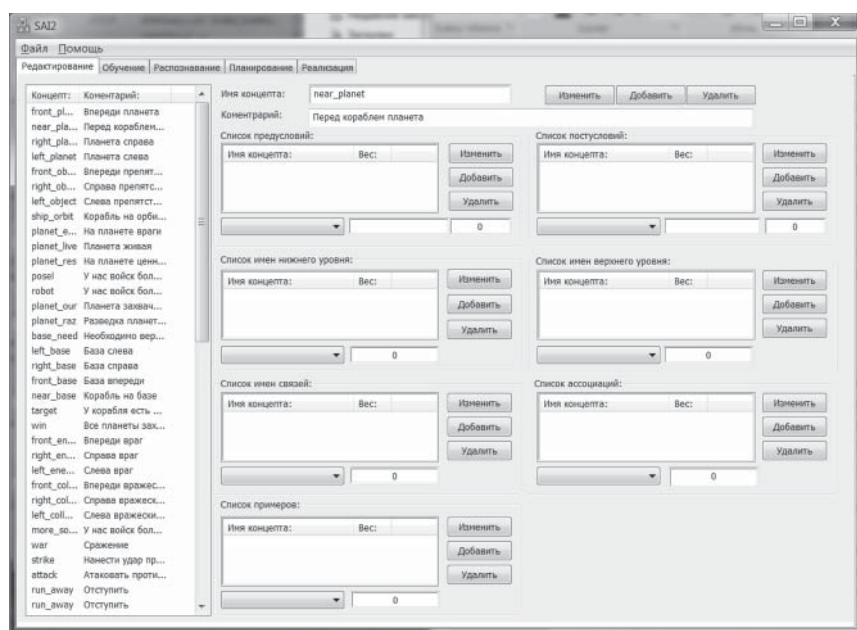


Рис. 2. Окно интерфейса демо-версии СУБЗ

Topaloglou, T.: Building knowledge base management systems. The VLDB Journal 5(4), 238–263 (1996)

15. Vinay K. Chaudhri, Igor Jurisica, Manolis Koubarakis, Dimitris Plexousakis, Thodoros Topaloglou: The KBMS Project and Beyond. Conceptual Modeling: Foundations and Applications 2009: 466–482.

References

1. Bazalishvili M., Russian President instructed the scientists to calculate the country's need for engineers // June 25, 2014, – http://www.dp.ru/a/2014/06/25/Prezident_Rossii_poruchil/

2. Bongard M.N. Recognition problems, – M.: Nauka, 1967, 320 s.

3. Gladun V.P. Growing pyramidal networks // Novosti iskusstvennogo intellekta. – 2004. – № 1. – s.30–40.

4. Djons M.T. Programming artificial intelligence in applications / M. Tim Djons; Per. s angl. Osipov A.I. – M.: DMK Press, 2004. – 312 s.

5. Dyuk V., Samoilenko A. Data Mining: training course. – SPb: Piter, 2001.

6. Kotov V.E. Petri nets. – M.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoi literatury. 1984. – 160 s.

7. Satton R.S. Reinforcement learning / R.S. Satton, E.G. Barto; per. s angl. – M.: BINOM. Laboratoriya znanii, 2011. – 399 s.: il. – (Adaptivnye i intellektual'nye sistemy)

8. Rassel, Styuart, Norvig, Piter. Artificial intelligence: a modern approach, 2-e izd.: Per. s angl. – M.: Izdatel'skii dom „Vil'yams“, 2007. – 1408 s.

9. Trembach V.M. Database management systems and the evolving knowledge to solve problems of continuing education: Monografiya. – M.: MESI, 2013 –s. 255.

10. Trembach V.M., Electronic learning systems using intelligent technologies. // Nauchno-prakticheskii

jurnal „Otkrytoe obrazovanie“, MESI, №4, 2013, s. 52–62

11. Trembach V.M., Basic steps for creating intelligent tutoring systems // Programmnye produkty i sistemy, №3, 2012, s. 148–152.

12. Trembach V.M. Meeting the challenges of management in organizational and technical systems with evolving knowledge: monografiya. – M.: MESI, 2010. – str. 236.

13. Hant E., Marin Dj., Stoun F. Simulation of the process of formation of concepts on a computer. – M.: Mir, 1970, 301 s.

14. Mylopoulos, J., Chaudhri, V.K., Plexousakis, D., Shrufi, A., Topaloglou, T.: Building knowledge base management systems. The VLDB Journal 5(4), 238–263 (1996)

15. Vinay K. Chaudhri, Igor Jurisica, Manolis Koubarakis, Dimitris Plexousakis, Thodoros Topaloglou: The KBMS Project and Beyond. Conceptual Modeling: Foundations and Applications 2009: 466–482.