

УДК 004.85

*Виталий Литвинов, Ирина Посадская, Максим Савельев***АРХИТЕКТУРА ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ***Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska, Maxim Saveliev***АРХІТЕКТУРА ЗНАННЄОРІЄНТОВАНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ***Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska, Maxim Saveliev***ARCHITECTURE OF KNOWLEDGE-ORIENTED AUTOMATED SYSTEM OF LEARNING**

Длительный период времени процесс автоматизации обучения заключался в использовании компьютерных средств с целью поддержки традиционной формы обучения.

В данной статье представлена архитектура автоматизированной системы обучения, главным отличием которой является модуль формирования знаний о предметной области. Выделение в текстово-графическом представлении курса фрагментов для формализации дает возможность автоматизировать процессы обучения и контроля знаний. Гибкость в выборе способа представлений знаний в формализованной форме, установление прямых ссылок между формализованными знаниями и структурированными текстово-графическими позволяют инженеру по знаниям вносить изменения в структуру курса, не нарушая процесс обучения.

Эффективность обучения повышается за счет автоматизации промежуточного и итогового контролей знаний.

**Ключевые слова:** автоматизированная система обучения, инженер по знаниям, формализация, обучение, автоматизация.

Рис.: 5. Библ.: 8.

Тривалий проміжок часу процес автоматизації навчання полягав у використанні комп'ютерних засобів для підтримки традиційної форми навчання.

У цій статті представлена архітектура автоматизованої системи навчання, головною відмінністю якої є модуль формування знань про предметну область. Виділення в текстово-графічному поданні курсу фрагментів для формалізації дає можливість автоматизувати процеси навчання і контролю знань. Гнучкість у виборі способу представлень знань у формалізованій формі, встановлення прямих посилань між формалізованими знаннями і структурованими текстово-графічними дозволяють інженеру зі знань вносити зміни у структуру курсу, не порушуючи процес навчання.

Ефективність навчання підвищується за рахунок автоматизації проміжного і підсумкового контролів знань.

**Ключові слова:** автоматизована система навчання, інженер зі знань, формалізація, навчання, автоматизація.

Рис.: 5. Бібл.: 8.

For a long time usage of computer tools for supporting of traditional forms of learning was regarded as the automation in process of learning.

The architecture of the automated learning system is presented in current article. Presence of the unit of domain knowledge formation in it is the main difference among existing systems. Extraction of fragments for the formalization from the text and the graphic representation of the course provides the ability to automate the processes of learning and knowledge control. Flexibility in the choosing of knowledge representation method in the formalized form, and the building of direct links between formalized knowledge and structured text and graphics allow the knowledge engineer to make changes in the structure of the course, without breaking the learning process.

The efficiency of learning is enhanced by the automation of intermediate and final control of knowledge.

**Key words:** automated learning system, the knowledge engineer, formalization, learning, automation.

Fig.: 5. Bibl.: 8.

**Постановка проблемы.** Автоматизированные системы обучения (АСО) – это инструментальный комплекс, включающий в себя математическое, методологическое и программное обеспечения, предназначенный для реализации автоматизированного обучения.

Другими словами, АСО предназначены для автоматизации подготовки специалистов с участием или без участия преподавателя, обеспечивают процесс обучение, подготовку учебных материалов, управление процессом обучения и контроль его результатов.

Практически все современные АСО используют частично структурированную информацию о предметной области, представленную в виде текстово-графических материалов, представленных в виде разделов документа. Дальнейшая формализация раздела практически невозможна.

На сегодня актуальными задачами в создании автоматизированных систем являются: дополнение учебных курсов формализованными представлениями фрагментов пре-

дметной области; определение стратегии процесса формализации знаний; интеграция формализованных знаний о предметной области с текстово-графическим представлением раздела документа.

Следующая актуальная задача – это автоматизация процесса обучения при разных формах обучения. Здесь важно учитывать все нюансы проведения лекционных занятий, семинаров, лабораторных и практических работ, курсовых и реальных проектов, и выделить в текстово-графическом представлении курса тех областей, которые подлежат формализации для дальнейшей автоматизации.

Контроль знаний является еще одним уязвимым звеном в существующих системах обучения. В данном подходе используется промежуточный и итоговый контроли на основе семантической связи с предметной областью. Таким образом, появляется проблема описания архитектурно-функциональной модели трех функциональных модулей автоматизированной системы обучения, а именно модуля формирования знаний о предметной области, модулей обучения и контроля знаний, а так же их последующая интеграция.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Постоянное и быстрое развитие информационно-компьютерных технологий требуют повышения качества процесса обучения. Актуальность создания эффективной системы автоматизированного обучения подтверждается постоянными разработками и нововведениями. Чаще всего автоматизация ограничивается созданием электронных тренажеров, средств для контроля знаний, электронных учебных пособий, т. е. средств для сопровождения традиционных форм обучения [1; 2]. С появлением адаптивных систем обучения появился термин индивидуализации обучения, то есть адаптация учебного процесса под конкретного ученика [3–5]. Однако остается ряд нерешенных вопросов, связанных с формализацией предметной области курса, автоматизации процессов обучения и контроля.

**Цель статьи.** Целью этой статьи является представление и обоснование архитектуры знание-ориентированной системы обучения.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим более подробно архитектуру АСО, ее функциональные модули и их взаимодействие в системе. Участниками в данной системе являются ученик, тьютор, эксперт в предметной области и инженер по знаниям [6].

Как было сказано выше, автоматизированная система обучения должна состоять из таких основных функциональных моделей:

- модуль формирования знаний о предметной области;
- модуль обучения;
- модуль контроля.

Каждый модуль АСО обладает многофункциональностью. Рассмотрим более подробно каждый модуль.

### **1. Функциональный модуль формирования знаний о предметной области.**

Главной функцией этого модуля является *функция структуризации знаний*. Знания в АСО могут быть представлены в двух видах:

– Естественно-языковая текстово-графическая форма представления, встречающаяся практически в каждой, в том числе и современной обучающей системе. Эта форма играет важнейшую роль при взаимодействии обучаемого с обучающей системой, играя роль дружественного пользовательского интерфейса. Однако она имеет крупные недостатки в части организации структуризации знаний, оценке степени усвоения учебного материала и адаптации сценариев обучения под конкретного пользователя.

– Формализованная форма, в которой элементами хранения являются программы и структуры баз знаний. В этих элементах отражаются особенности формализмов, посредством которых выражаются структура и динамика моделей, образующих знания и факты. Выбор формализованной формы представления знаний зависит от многих фак-

торов: типа рассматриваемых систем – дискретных, непрерывных, дискретно-непрерывных; задач, решаемых в курсах автоматизированной системы, степени сложности получения вторичных знаний из первичных; сложности поддержания знаний в актуальном состоянии и др.

Имеется достаточно широкий спектр способов представления знаний в формализованной форме: логические методы, семантические сети, фреймы, продукционные системы и т. д.

Важно отметить, что не все знания подлежат формализации. Таким образом, при работе с предметной областью необходимо определить какие фрагменты подлежат формализации, выбрать способ формализации, исходя из того, это знания статические или динамические.

Определим следующие подфункции данного модуля:

1. *Первичная структуризация тексто-графического представления знаний о предметной области (S-текстово-графическая структуризация)*, т. е. представление знаний в виде текста на естественном языке и графических диаграмм, разбитого на разделы, подразделы, параграфы и т. д.

Данная структуризация выполняется экспертом в заданной предметной области и фактически представляет собой структурированный конспект лекций, элементы которого представлены в виде текста и графики.

Результаты первичной структуризации в дальнейшем анализируются инженером по знаниям. На основе анализа структурированного тексто-графического представления выделяются те компоненты предметной области, которые в дальнейшем подлежат формализации.

2. *Выделение в тексто-графической структуре составляющих, подлежащих формализации.*

3. *Построение формализованных представлений выделенных компонент знаний (S''-формализованные структурированные знания).*

4. *Установление прямых ссылок между формализованными знаниями и структурированными тексто-графическими, и наоборот  $S'' \rightarrow S$ .*

5. *Формирование ядра БЗ предметной области, состоящей из тексто-графических и формализованных знаний.*

6. *Анализ результатов структуризации базы знаний:*

- алгоритм проверки на противоречивость модели предметной области;
- алгоритм проверки на полноту покрытия предметной области формализованными представлениями.

7. *Формирование БД вопросов по разделам и подразделам тексто-графического представления предметной области (Q – опросник по знаниям, представленным в тексто-графической форме, Q'' – опросник по формализованным знаниям).*

Подфункции данного модуля поддерживают работу следующих пользователей: эксперта в предметной области – в части подготовки и структуризации тексто-графического материала; инженера по знаниям – в части формализации фрагментов предметной области и установления ссылок  $S'' \rightarrow S$ ; тьютора – в части формирования списка вопросов к отдельным разделам т.-г. представления предметной области курса, а также контроля ее полноты и непротиворечивости. Алгоритм работы модуля представлен на рис. 1.

## **2. Функциональный модуль обучения.**

Обучение – это специально организованный, управляемый процесс взаимодействия учителей и обучаемых, направленный на усвоение знаний, умений, навыков, формирование мировоззрения, развитие умственных сил и потенциальных возможностей обучаемых, закрепление навыков самообразования в соответствии с поставленными целями.

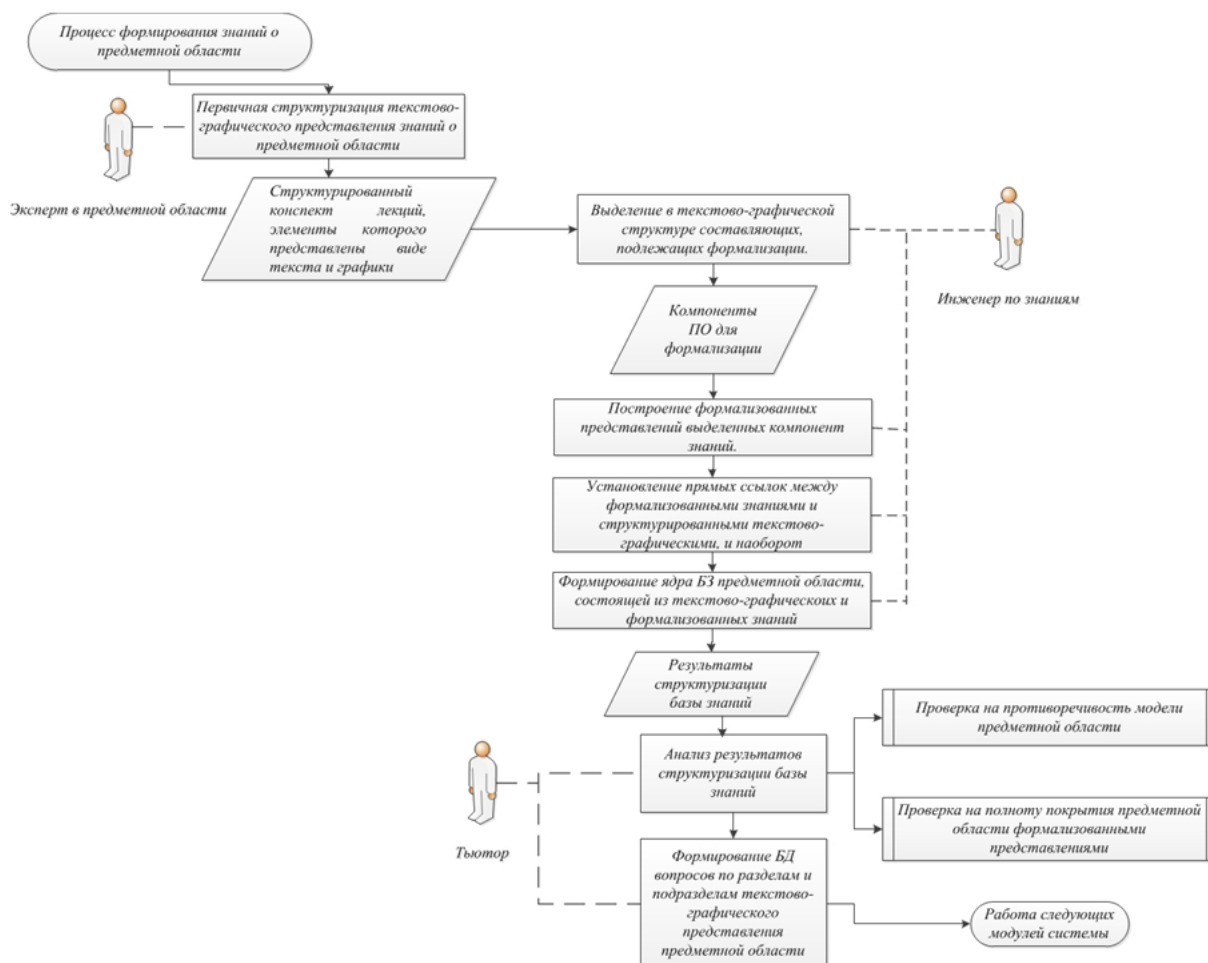


Рис. 1. Алгоритм функционального модуля формирования знаний о предметной области

Модуль обучения в АСО обладает многофункциональностью. Основными участниками в данном модуле будут ученик и тьютор, эксперт в предметной области и инженер по знаниям будут выполнять вспомогательные роли. Рассмотрим функции данного модуля более подробно.

Чтобы приступить к обучению сначала тьютор должен определить начальный уровень знаний обучаемого, для этого необходимо составить список диагностических вопросов. Функция *определения начального уровня знаний* дает возможность выбрать дальнейшую стратегию обучения. В зависимости от уровня знаний на начальном этапе обучения тьютор выполняет функцию *структуризации курса по формам обучения*, тьютор определяет количество лекционных занятий, практических и т. д.

При любой форме обучения идеальная система должна поддерживать все основные формы обучения: лекции, семинары, лабораторные занятия, практические занятия, курсовые проекты, выполнение реальных проектов.

Не все знания, представленные в тексто-графической форме, подлежат формализации, только после выделения знаний, подлежащих формализации, инженер по знаниям приступает к автоматизации процесса обучения.

Рассмотрим более подробно, как проходит процесс обучения в каждой форме, определив при этом, что подлежит автоматизации. Функция *автоматизации обучения* будет зависеть от формы обучения.

**Лекции.** Процесс изучения лекционного материала лекций – это процесс, в котором участвует студент и возможно присутствие тьютора. Предполагается, что учебный курс делится на ряд фрагментов – порций. На базе тексто-графической информации, по-

лученной из базы данных, сформированной экспертом в предметной области, тьютор определяет стратегию обучения, последовательность работы с разделами и предоставляет обучаемому порции текстово-графического материала учебных курсов и проводит последующее тестирование обучаемого после ознакомления с учебным материалом.

Автоматизация на данном этапе состоит в:

- организации последовательности порционного текста;
- организации выдачи определенных вопросов, после каждого шага последовательности, шаг связан с прохождением порции;
- в случае неудовлетворительного тестирования – организация процесса повторного обучения заданного фрагмента предметной области.

**Семинары.** Проведение семинаров углубляет знания, полученные на лекции. Докладчиком в данной форме обучения будет студент или группа студентов, которым по указанию тьютора выдается задание (подготовка презентации).

Основные функции автоматизированной поддержки – контроль выполнения всех требований к презентации при ее подготовке, отслеживание выполнения всех ограничений к презентации, фиксация результатов доклада и дискуссии, протоколирование результатов.

**Лабораторные занятия,** как более наглядная форма обучения, дают возможность глубже изучить заданную тематику.

Лабораторные занятия имеют четкий алгоритм выполнения, т. е. имеется прототип (шаблон) решаемой задачи. Автоматизация на данном этапе состоит в:

- организации и предоставлении порции материала, связанного с тематикой лабораторного занятия;
- предоставлении методики проведения лабораторного занятия – прототипа;
- мониторинге выполнения лабораторной работы, согласно прототипу;
- анализе полученных результатов;
- предоставлении дополнительных порций материалов в случае отрицательных результатов.

**Практические занятия.** Тьютор акцентирует внимание на алгоритме и методике решения задач, выполнении чертежей, схем и т. д. Решая конкретные задачи, теоретический материал усваивается глубже. Автоматизацией на данном этапе является:

- предоставление порции материала, связанного с тематикой практического занятия;
- подготовка и предоставление списка конкретных задач для заданного фрагмента предметной области;
- предоставление алгоритма и методики решения задач – шаблона или прототипа;
- анализ выполнения конкретных задач;
- предоставление дополнительных порций материалов в случае отрицательных результатов.

**Курсовой проект** является самостоятельной работой студента по предоставленной технологии выполнения. Тьютор оценивает результат выполнения проекта и оформление результатов. Автоматизация на данном этапе:

- предоставление порций материала для написания курсового проекта (фактически, это весь материал за семестр);
- подготовка и предоставление списка тем курсовых проектов;
- предоставление алгоритма и методики решения задач – шаблона или прототипа;
- построение жизненного цикла выполняемого курсового проекта;
- планирование результатов выполнения проекта на каждом этапе;
- мониторинг выполнения этапов жизненного цикла проекта;
- мониторинг соответствия выполнения общего плана проекта и выполнения работ на каждом этапе жизненного цикла;

– структуризация результатов выполнения проекта на каждом этапе жизненного цикла разработки.

**Выполнение реальных проектов**, в том числе в кооперации с промышленностью, является новой формой обучения, практикуемой ведущими мировыми университетами [7–8], и представляет собой самостоятельную работу группы студентов. При выполнении реального проекта студенты тренируют навыки командной работы, определяют стратегию выполнения проекта, жизненного цикла разработки, оформления результатов. Здесь непосредственно роль тьютора размывается и трансформируется в менеджера проекта. А структура курса обучения связывается с этапами жизненного цикла проекта. Автоматизация на данном этапе:

- подбор команды;
- распределение ролей участников команды;
- составление планов выполнения проекта для каждой роли команды;
- построение жизненного цикла выполняемого проекта;
- планирование результатов выполнения проекта на каждом этапе;
- мониторинг выполнения этапов жизненного цикла проекта;
- фиксация промежуточных результатов;
- разработка стратегий согласно выбранному жизненному циклу.

Следует отметить, что после того как тьютор определит начальный уровень знаний обучаемого, можно выбрать обучение индивидуальное или групповое. Стратегия обучения будет зависеть уровня знаний самого обучаемого, количества обучаемых в группе и т. д.

Алгоритм работы данного модуля предоставлен на рис. 2.

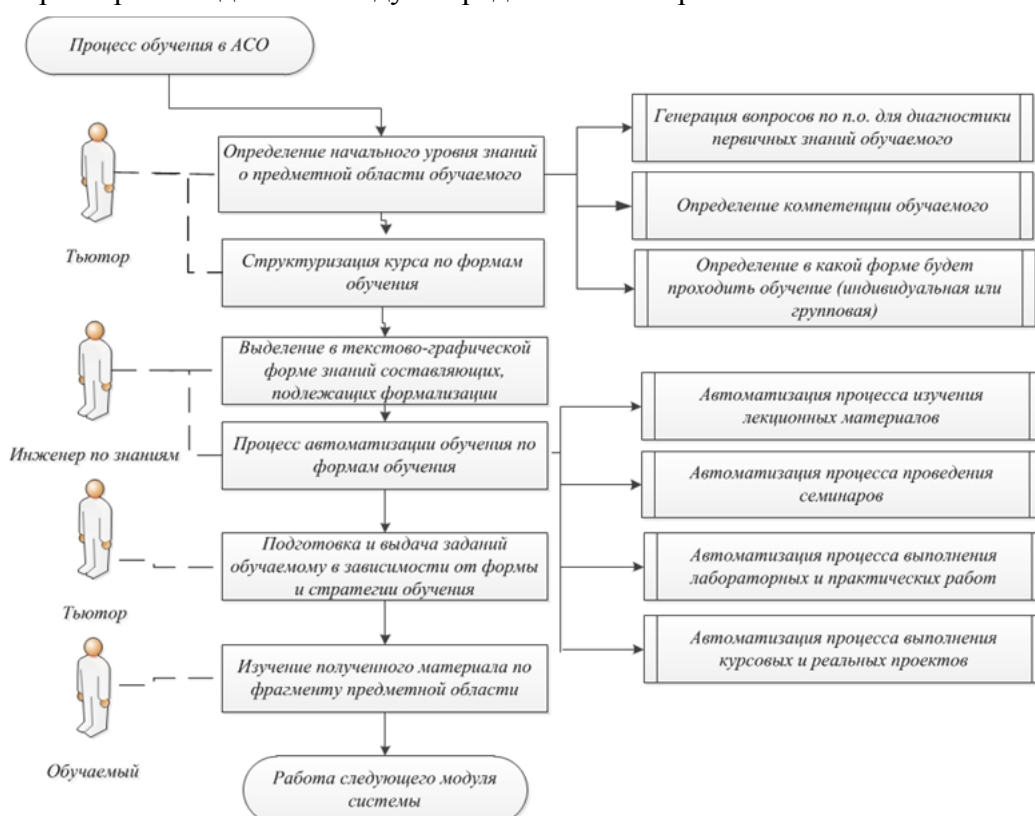


Рис. 2. Алгоритм работы функционального модуля обучения

### 3. Функциональный модуль контроля знаний.

Важнейшей характеристикой автоматизированных систем обучения является возможность проведения автоматизированного контроля знаний обучаемых. Контроль знаний обеспечивает обратную связь со студентом.

Целью контроля является определение качества усвоения учащимися программного материала, диагностирование и корректирование их знаний и умений, воспитание ответственности к учебной работе. Для выяснения роли контроля в процессе обучения рассматривают его наиболее значимые функции: обучающую, диагностическую, прогностическую, развивающую, ориентирующую и воспитывающую.

Контроль должен быть: целенаправленным, объективным, всесторонним, регулярным.

Для эффективного обучения в АСО должны использоваться:

- *промежуточный* контроль во время учебного семестра для корректировки работы студента и тьютора;
- *итоговый контроль* проводится в конце семестра для фиксации уровня знаний обучаемого.

Важно отметить, что промежуточный и итоговый контроли в АСО проводятся только с теми фрагментами предметной области учебного курса, которые подлежат формализации. Так можно обеспечить семантическую связь с предметной областью.

Промежуточный контроль проводится регулярно при изучении предметной области курса при всех формах обучения: лекции, семинары, практические и лабораторные работы, курсовые и реальные проекты. На основе анализа полученных ответов на поставленные вопросы корректируется дальнейшая работа студента. При положительном результате студенту предоставляют новую порцию знаний для изучения. При выявлении большого рассогласования в полученных ответах, студенту предоставляют текстографический материал для доработки.

Промежуточный контроль над уровнем знаний учащихся стимулирует повышение качества обучения за счет усиления акцента на трудных для усвоения положениях. Схема проведения промежуточного контроля знаний представлена на рис. 3.

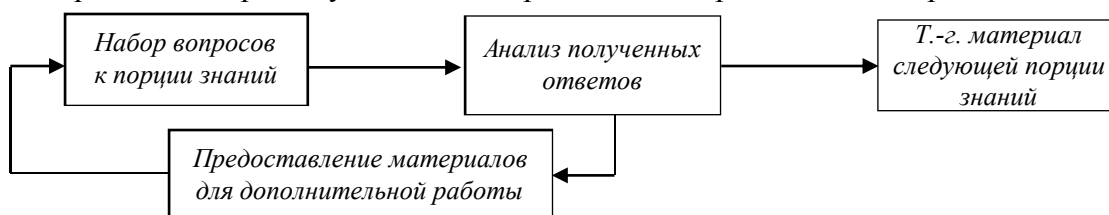


Рис. 3. Схема проведения промежуточного контроля знаний

Итоговый контроль изученного материала проводится только при положительном прохождении всех промежуточных контролей, на выходе фиксируется результат - студент получает оценку. Схема проведения итогового контроля знаний представлена на рис. 4.

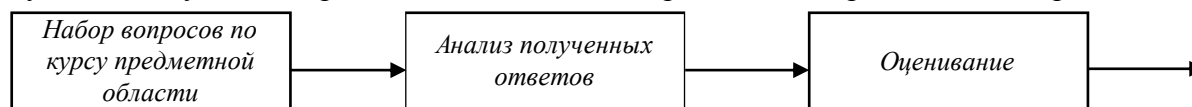


Рис. 4. Схема проведения итогового контроля знаний

Особенностью промежуточного и итоговых контролей в АСО является его возможность проведения только в формализованных представлениях предметной области.

Общая схема проведения контроля знаний включает подготовку заданий для контроля и самотестирование. Подготовка зависит от выбора способа формализации знаний. В процессе тестирования чаще всего используют уже существующие системы тестирования, такие как My TestX, KTest, OpenTest, E-test и др. Платные и бесплатные системы тестирования поддерживают применение различных типов вопросов, чаще - их комбинации.

Следует отметить, что контроль оформления результатов этих форм обучения является функциональной обязанностью тьютора и должен быть подкреплен либо определенными стандартами, либо учебно-методическими пособиями по выполнению данных видов работ.

База знаний является ядром АСО, поэтому система обучения является знание-ориентированной. База данных в АСО – это особого рода база данных, разработанная для управления всеми знаниями о предметной области, то есть сбором, хранением, поиском и выдачей знаний. Интеграция всех модулей системы и взаимодействие пользователей системы представлено на рис. 5.

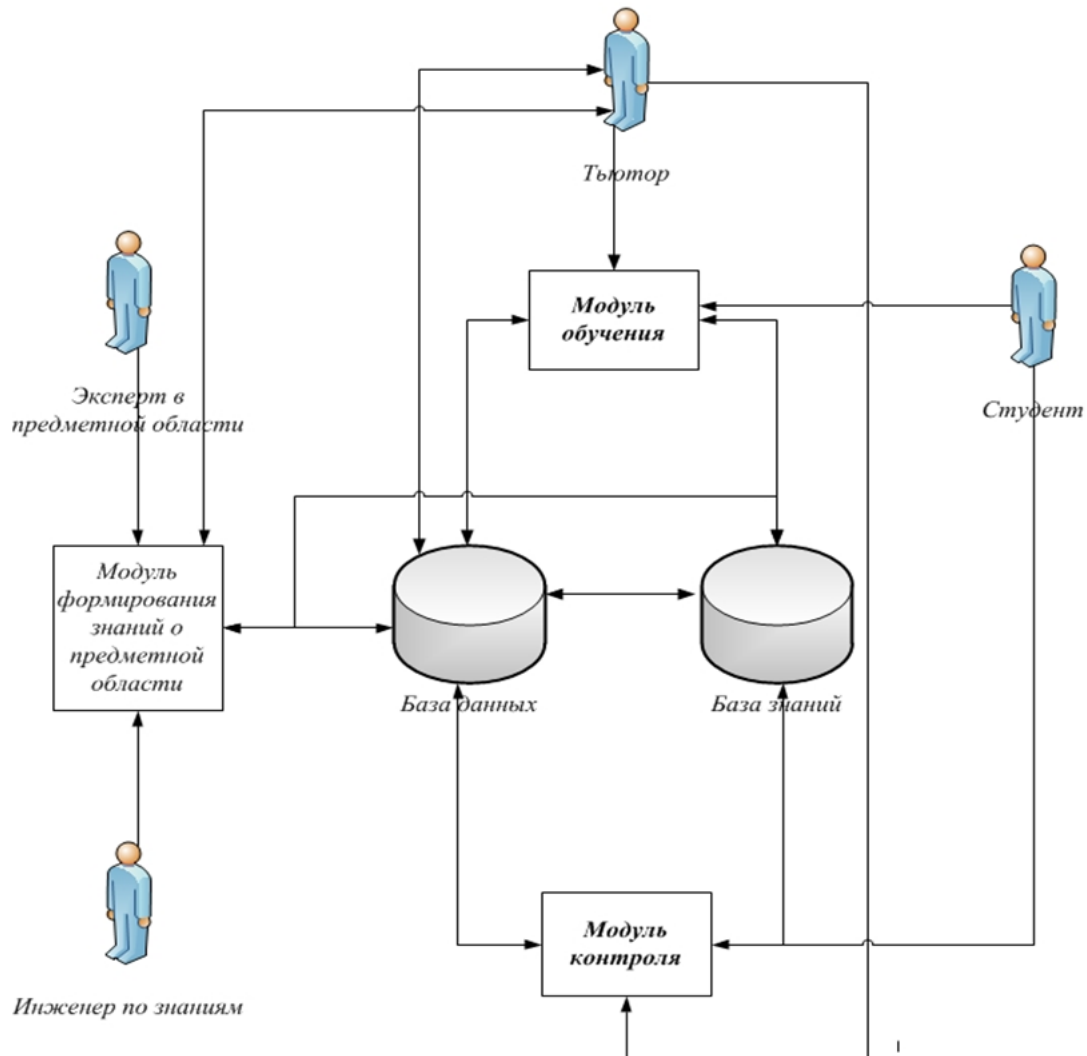


Рис. 5. Взаимосвязь модулей АСО

**Выводы.** Такая архитектура автоматизированной системы обучения выходит за рамки существующих систем. Активное использование формализованных представлений предметной области курса позволяет автоматизировать процесс обучения на всех формах обучения, а не только процесс изучения лекционного материала. Автоматизированный контроль знаний, а именно использование промежуточного и итогового контролей, повысит уровень усвоения материалов курса и эффективность обратной связи со студентом.

#### Список использованных источников

1. Могилів А. В. Інформатика : [підручник] / А. В. Могилів. – М. : Академія, 1999. – 256 с.
2. Петрушин В. А. Интеллектуальные обучающие системы: архитектура и методы реализации (обзор) / В. А. Петрушин // Техническая кибернетика. – 1993. – № 2. – С. 164–189.
3. Растринин Л. А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого : [учебное пособие] / Л. А. Растринин, М. Х. Эренштейн. – Рига : Зинатне, 1988. – 160 с.
4. Томашевський В. М. Аналіз моделей навчання та контролю знань / В. М. Томашевський, І. М. Дмитрик // Вісник НГУУ «КП». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 2008. – № 49. – С. 146–151.



5. Соловов А. В. Проектирование компьютерных систем учебного назначения : [учебное пособие] / А. В. Соловов. – Самара : СГАУ, 1995. – 138 с.
6. Vitalii Lytvynov. Knowledge representation in the automated learning systems / Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska // International Journal “Information Technologies & Knowledge”. – 2015. – Volume 9, Number 1. – Pp. 34–43.
7. Tool-based support of university-industry cooperation in IT-engineering / V.V. Lytvynov, V.S. Kharchenko, S.V. Lytvyn, M.V. Saveliev, E.V. Trunova, I.S. Skiter. – Chernihiv : CNUT, 2015. – 108 p.
8. Моделі кооперації університетів та ІТ-компаній: системи прийняття рішень на нечіткій логіці : [монографія] / Ю. П. Кондратенко, Г. В. Кондратенко, Є. В. Сіденко, В.С. Харченко. – Х. : ХАІ, 2015. – 133 с.

### References

1. Mohylyv, A.V. (1999). *Informatyka [Computer Science]*. Moscow: Akademiia (in Ukrainian).
2. Petrushin, V.A. (1993). Intellektualnye obuchayushchie sistemy: arkhitektura i metody realizatsii (obzor) [Intelligent learning systems: architecture and implementation methods (review)]. *Tekhnicheskaya kibernetika – Technical Cybernetics*, no. 2, pp. 164–189 (in Russian).
3. Rastrigin, L.A., Erenshcheyn, M.Kh. (1988). Adaptivnoe obuchenie s modeli obuchayemogo [Adaptive learning with student model]. Riga: Zinatne (in Russian).
4. Tomashevskiy, V.M., Dmytryk, I.M. (2008). Analiz modelei navchannia ta kontroliu znan [Analysis of learning models and knowledge control]. *Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika – Journal of of NTUU “KPI”. Computer Science, Management and Computing*, no. 49, pp. 146–151 (in Ukrainian).
5. Solovov, A.V. (1995). *Proektirovanie kompiuternykh sistem uchebnogo naznacheniiia [Design of computer systems of educational purposes]*. Samara: SGAU, (in Russian).
6. Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska (2015). Knowledge representation in the automated learning systems. *International Journal “Information Technologies & Knowledge”*, vol. 9, no. 1, pp. 34–43.
7. Lytvynov, V.V., Kharchenko, V.S., Lytvyn, S.V., Saveliev, M.V., Trunova, E.V., Skiter, I.S. (2015). *Tool-based support of university-industry cooperation in IT-engineering*. Chernihiv: CNUT.
8. Kondratenko, Yu.P., Kondratenko, H.V., Sidenko, Ye.V., Kharchenko, V.S. (2015). *Modeli kooperatsii universitetiv ta IT-kompanii: systemy pryiniattia rishen na nechitkii lohitsi [Models of cooperation between universities and IT-companies: decision making systems based on fuzzy logic]*. Kharkiv: KhAI (in Ukrainian).

**Литвинов Виталий Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Литвинов Віталій Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Lytvynov Vitalii** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technologies and Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** vlitvin@ukrsoft.ua

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9622-3871>

**Посадская Ирина Сергеевна** – аспирант, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14000, Украина).

**Посадська Ірина Сергіївна** – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет, (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14000, Україна).

**Posadska Iryna** – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** irrkin@gmail.com

**Савельев Максим Владимирович** – мл. науч. сотр., Институт проблем математических машин и систем Национальной академии наук Украины (просп. Глушкова, 42, г. Киев, 03680, Украина).

**Савельев Максим Володимирович** – мол. наук. співроб., Інститут проблем математичних машин і систем Національної академії наук України (просп. Глушкова, 42, м. Київ, 03680, Україна).

**Saveliev Maxim** – Research Assistant, Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the Ukraine National Academy of Science (42 Glushkova Av., 03680 Kiev, Ukraine).

**E-mail:** saveliev.maxim@gmail.com