

Кривошеев Владимир Петрович

Сачко Максим Анатольевич

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Россия. Владивосток

## Интеллектуализация обучения параметрическому синтезу на базе экспертной обучающей системы

Рассматриваются средства для организации процесса самостоятельного изучения и контроля уровня знаний при проведении параметрического синтеза систем автоматического управления. Описана структура экспертной обучающей системы для изучения частотных методов параметрического синтеза. Приведены результаты апробации экспертной обучающей системы «Студиум».

**Ключевые слова и словосочетания:** параметрический синтез, экспертная обучающая система, система автоматического управления, определение уровня знаний.

Современные методы и средства на базе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), применяемые для обучения, позволяют автоматизировать процесс обучения и обеспечить контроль его качества [2]. В большинстве работ, посвящённых данной проблеме, отмечается необходимость повышения уровня информационного оснащения учебного процесса за счёт ИКТ и, в частности, за счёт применения автоматизированных обучающих систем (АОС).

Автоматизированные обучающие системы являются эффективными и широко используемыми средствами организации самостоятельного обучения. Интеллектуализация определения уровня знаний (УЗ) обучаемых в АОС позволяет переложить на неё функции обучающего, что позволяет приблизить уровень самообучения к уровню аудиторных занятий. За последние тридцать лет многими учёными (В.П. Беспалько, И.Я. Лернер, Л.В. Зайцева, А.П. Свиридов, Л.В. Зайцева, Д.И. Попов, И.Н. Габбасова, Е.В. Молнина, В.А. Данилюк и др.) было исследовано использование различных видов контроля УЗ обучаемых, а также возможность и эффективность их применения в АОС. На наш взгляд, важнейшей составляющей интеллектуализации процесса обучения является контроль уровня знаний, необходимый для

решения поставленной задачи. При этом данный контроль обычно основывается на тестировании знаний.

Существующие системы тестирования знаний обычно затрагивают только теоретическую сторону изучаемого предмета, однако изучение предметов по техническим наукам невозможно без проведения лабораторных и практических работ. По определению техническая наука не может рассматриваться только с точки зрения теории без её практической стороны. В связи с этим полноценные знания по техническим наукам необходимо оценивать как с позиции освоения теории, так и применения ее в решении практических задач [5].

Это касается и параметрического синтеза систем автоматического управления (САУ). Уровень знания его проведения сложно оценить только на основе тестирования, а существующие подходы не позволяют интеллектуализировать этот процесс. Контроль уровня знаний ПС является неоднозначным процессом, который сложно поддается алгоритмизации и автоматизации, однако существующие принципы нечёткой логики [1] позволяют описать алгоритм построения моделей приближенных рассуждений человека. Используя принципы нечёткой логики, можно построить модель приближенных рассуждений человека, выступающего в роли обучающего, для контроля уровня знаний ПС обучаемого и использовать её для интеллектуализации данного процесса [4].

Для изучения ПС используются лабораторные комплексы на базе аппаратно-программных средств. Как правило, они реализованы на базе специализированных программных комплексов (ПК) VisSim и MatLab либо на программном обеспечении с помощью языков программирования высокого уровня. Стоит отметить, что ПК VisSim и MatLab сложно поддаются интеграции с АОС и, как результат, не могут обеспечить непрерывный процесс самостоятельного обучения без участия обучающего, что делает невозможным интеллектуализацию изучения ПС САУ на их базе. Поэтому для реализации полноценной связи лабораторных комплексов с АОС и интеллектуализации процесса определения уровня знаний ПС необходимо алгоритмизировать методы проведения ПС САУ и включить их в состав АОС.

Среди существующих интеллектуальных систем наибольшее применение нашли экспертные системы (ЭС) [3], в том числе и в сфере образования. Такие ЭС называют экспертными обучающими системами (ЭОС). Использование нечёткой логики для интеллектуализации процесса обучения при помощи экспертных обучающих систем является одним из самых эффективных методов построения интеллектуальных обучающих систем для автоматизации образования.

ЭОС реализуют обучающие функции и содержат знания из определённой достаточно узкой предметной области. ЭОС располагают возможностями пояснения стратегии и тактики решения задачи изучаемой предметной области и обеспечивают контроль уровня знаний, умений и навыков с диагностикой ошибок по результатам обучения.

Таким образом, установлено, что интеллектуализацию обучения ПС САУ необходимо реализовать с помощью экспертной обучающей системы на основе нечёткой логики.

**ЭОС «Студиум».** Для изучения ПС САУ разработана ЭОС «Студиум», состоящая из шести функциональных блоков (рис. 1), объединённых графическим интерфейсом.

1. Блок «Учебные материалы» служит для предоставления теоретического материала и заданий для лабораторных работ. Лекции содержат ссылки на предусмотренные к ним лабораторные работы и соответствующее программное обеспечение из блока «Лабораторный комплекс».

2. Блок «База данных» служит для организации клиент/серверной функциональности программы. Он обеспечивает связь с сервером и передачу данных от сервера клиентам и хранит показатели уровня знаний обучаемого по всем этапам ПС.

3. Блок «Информационный блок» позволяет вести мониторинг успеваемости обучаемых, а также даёт рекомендации по повторному изучению материала.

4. Блок «Интеллектуальная система поддержки решений» содержит систему нечеткого вывода, состоящую из базы знаний и блоков фаззификации, дефаззификации и логического вывода.

5. Блок «Интерфейс эксперта» предназначен для заполнения базы знаний блока «Интеллектуальная система поддержки решений».

6. Блок «Лабораторный комплекс» служит для выполнения лабораторных работ и проведения ПС одноконтурной, каскадной и комбинированной САУ.

Графический интерфейс ЭОС «Студиум» представляет собой кросс-платформенную оболочку, разработанную средствами библиотеки Qt и языка программирования C++. Он включает в себя пользовательскую и администраторскую реализации.

Пользовательская реализация ЭОС «Студиум» позволяет выполнять просмотр теоретического материала, списка лабораторных заданий и уровня их усвоения; проводить тестирование; производить ПС одноконтурных, каскадных и комбинированных САУ согласно выданным ЭОС рекомендациям. Администраторская реализация предоставляет возможность редактирования всех хранимых в системе данных и правил БЗ.



Рис. 1. Схема экспертной обучающей системы «Студиум»

Апробация созданной экспертной обучающей системы «Студиум» проводилась во время обучения экспериментальной группы специалистов из 28 человек. Начальный уровень знаний параметрического синтеза САУ у экспериментальной группы определялся с помощью собеседования и пробного выполнения лабораторных работ.

Во время пробного выполнения работ использовался лабораторный инструментарий для проведения ПС, входящий в состав ЭОС «Студиум». Уровень знаний обучаемых оценивался группой экспертов на основе полученных результатов выполнения работ и данных проведённого опроса. Всем участникам эксперимента был присвоен порядковый номер от 1 до 28. Полученные результаты приведены на графике (рис. 2), где на оси ординат отложены оценки, выставленные группой экспертов по пятибалльной шкале, а на оси абсцисс отложены номера участников экспериментальной группы.

Для повышения уровня знаний проведения параметрического синтеза САУ участникам экспериментальной группы после консультации по работе с пользовательским интерфейсом ЭОС «Студиум» было предложено самостоятельно изучить с её помощью материал по данному направлению.

Через месяц после начала эксперимента повторно был проведён опрос всех участников экспериментальной группы. По результату опроса и на основе данных, полученных из ЭОС «Студиум», экспертами определён уровень знаний группы по проведению ПС всех изучаемых САУ, а также отдельно определён уровень знаний группы по ПС одноконтурной САУ. Полученные результаты приведены на графике (рис. 2).

В результате, как видно из рис. 2, начальный уровень знаний повысился на 43% при его сравнении с полученными знаниями об одноконтурной САУ и на 21% в сравнении с общим уровнем знаний по ПС САУ по итоговой оценке эксперта.

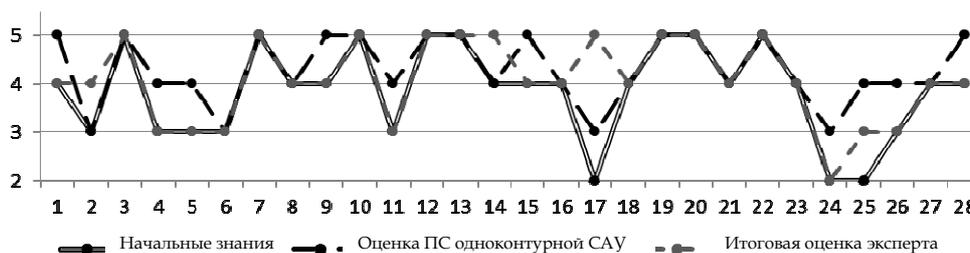


Рис. 2. Уровень знаний проведения параметрического синтеза САУ у экспериментальной группы

Общий уровень знаний принципов проведения ПС САУ оценивается итоговым критерием УЗ, сформированным из критериев УЗ проведения ПС одноконтурной, каскадной и комбинированной САУ. Данные критерии, полученные для экспериментальной группы из 28 человек, приведены на рис. 3. Критерии усвоения выставлялись параллельно экспертом и ЭОС.

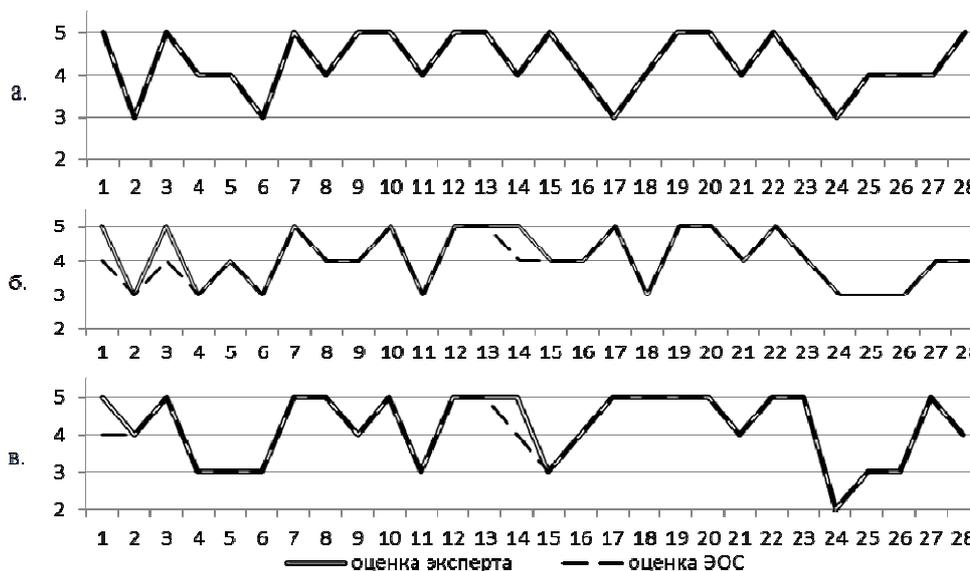


Рис. 3. Критерии УЗ ПС одноконтурной (а), каскадной (б), комбинированной (в) САУ

Из графиков на рис. 3(а) следует, что критерии УЗ выполнения ПС одноконтурной САУ, определённые экспертом и ЭОС, друг от друга не отличаются. Это обусловлено тем, что ПС одноконтурной САУ состоит из отно-

нительно небольшого количества промежуточных этапов, что облегчает интеллектуализацию процесса определения критерия УЗ для данного ПС САУ.

По графикам на рис. 3(б, в) установлено, что критерии УЗ ПС каскадной и комбинированной САУ, определённые экспертом и ЭОС, отличаются на 11 и 7% соответственно. Это обусловлено тем, что ПС этих САУ более сложен по своей структуре по сравнению с одноконтурной САУ и определение критерия его усвоения сложнее формализуется. Стоит отметить, что улучшить результат можно добавлением новых правил нечётких продукций в базу знаний ЭОС.

На рисунке 4 приведены результаты определения общего УЗ проведения ПС САУ. Определение общего УЗ проведения ПС САУ выполнялось по четырём оценкам:

выданных экспертом;

полученных с помощью ЭОС;

на основе среднеарифметических оценок критерия УЗ всех промежуточных этапов;

на основе среднеарифметических оценок критерия УЗ конечных этапов ПС одноконтурной, каскадной и комбинированной САУ.

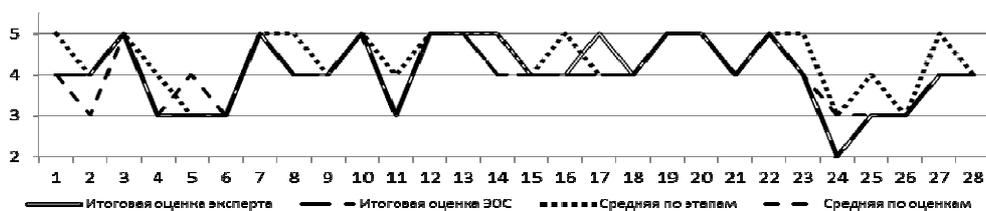


Рис. 4. Итоговые критерии УЗ проведения ПС САУ

В результате итоговые критерии УЗ ПС, выставленные экспертом, отличаются на:

- 36% от значений среднеарифметических критериев УЗ проведения промежуточных этапов ПС САУ;
- 18% от значений среднеарифметических критериев УЗ проведения конечных этапов ПС САУ;
- 7% от значений критериев УЗ, выставленных ЭОС.

Установлено, что данные, полученные с помощью ЭОС, достаточно близки к мнению эксперта и в 2,5–5 раз точнее среднеарифметических значений. Таким образом, интеллектуализация обучения параметрическому синтезу систем автоматического управления технологическими процессами, реализованная на базе ЭОС, способна с высокой достоверностью опре-

---

делять уровень знаний обучаемых по ПС САУ и впоследствии выдавать рекомендации по его закреплению и повышению.

- 
1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
  2. Роберт И.В. Автоматизация информационно-методического обеспечения учебно-воспитательного процесса и организационного управления образовательным учреждением: современное состояние; перспективы развития / И.В. Роберт // Информатизация образования и науки. – 2009. – №2. – С. 51–62.
  3. Сачко М.А. Сохранение экспертных знаний и их применение в образовании / М.А. Сачко // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2013. – №3(21). – С. 149–154.
  4. Сачко М.А. Автоматизация оценки качества знаний по параметрическому синтезу систем управления [Электронный ресурс] / М.А. Сачко, В.П. Кривошеев // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. Режим доступа: <http://science-education.ru/106-7665>.
  5. Стригин Е.Ю. Дидактический потенциал учебного лабораторного эксперимента на основе автоматизированного лабораторного практикума удалённого доступа [Электронный ресурс] / Е.Ю. Стригин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №2. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/102-5676>.