

РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ⁵²

В.А. Гульшин⁵³, С.И. Бригаднов⁵⁴, Н.Н. Войт⁵⁵,
С.И. Бочков⁵⁶, М.Е. Уханова⁵⁷, Д.С. Канев⁵⁸

Аннотация: В статье рассмотрена реализация компонентов интеллектуальной системы обучения, в том числе описаны обобщенная структура, реализации графического редактора модели предметной области, системы рекомендаций для проектировщика, мобильной подсистемы. Показаны оценки метода формирования персонализированного сценария обучения и повышения эффективности деятельности проектировщика при использовании системы рекомендаций.

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система; система рекомендаций; анализ проектных решений; оценка действий проектировщиков.

DEVELOPMENT OF COMPONENTS OF THE SOFTWARE OF INTELLECTUAL DESIGN AND TRAINING SYSTEM

V.A. Gulshin, S.I. Brigadnov, N.N. Voit,
S.I. Bochkov, M.E. Uhanova, D.S. Kanev

Abstract: The article deals with the implementation of the components of the intellectual training system, including a generalized structure, the implementation of the graphic editor of the domain model, a system of

⁵² Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732152.

⁵³ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: vgulshin@yandex.ru.

⁵⁴ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: sergbrig@yandex.ru.

⁵⁵ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: n.voit@ulstu.ru.

⁵⁶ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: bochkovski@ido.ulstu.ru.

⁵⁷ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: mari-u@inbox.ru.

⁵⁸ Ульяновск, УлГТУ, e-mail: dima.kanev@gmail.com.

recommendations for the designer, mobile subsystem. The estimations of the method for the formation of the personified scenario of training and the increase in the efficiency of the designer's activity when using the system of recommendations are shown.

Keywords: automated learning system; system of recommendations; analysis of design decisions; evaluation of the actions of designers.

Введение

В статьях [1, 2, 3] рассмотрены авторские модели и методы интеллектуальной системы проектирования и обучения, использующие новые онтологическую модель предметной области, методы формирования индивидуального сценария обучения и рекомендаций для проектировщика на основе анализа операций твердотельного трехмерного моделирования деталей. В данной статье рассмотрим вопросы разработки компонентов программного обеспечения интеллектуальной системы проектирования и обучения.

1. Обобщенная структура системы обучения автоматизированному проектированию

Обобщенная структура системы обучения автоматизированному проектированию представлена на рис. 1.

Рассмотрим основные компоненты обучающей системы [2].

1. Блок обучения – отвечает за обучение (подбор материалов, тестирование, построение сценария обучения). Предметная область - хранит материал для обучения, множество учебных материалов и связей между ними. База тестов и заданий – содержит тестовый материал для проверки уровня знаний обучаемого и практические задания для проверки умений и навыков. Профиль обучаемого - хранит информацию об уровне текущих компетенций обучаемого, результаты тестирования и т. д. Построение траектории обучения - построение траектории обучения и подбор тестов для обучаемого на основе анализа данных его профиля и информации из предметной области. Сценарий обучения - последовательность материалов для изучения обучаемым и подборка тестовых заданий. Контроль - множество тестовых заданий для проверки усвоения материала

2. Блок рекомендаций – отвечает за построение рекомендаций и диагностику уровня навыков обучаемого. Генератор операций - отслеживает действия обучаемого и кодирует их для дальнейшего анализа. Генератор состояния - формирует состояние проекта на основе операций. Состояние проекта - хранит историю состояний проекта при работе в САПР. Факты - база фактов полученная из множества операций и состояний проекта. Генератор правил - заполняет правила для экспертной

системы (ЭС) по определенным алгоритмам. Эксперт - эксперт по САПР, который заполняет базу правил ЭС. Экспертная система - механизм подбора рекомендаций на основе фактов и правил. Рекомендации - сформированные рекомендации для обучаемого. Анализ рекомендаций - корректировка профиля пользователя на основе предоставленных рекомендаций.

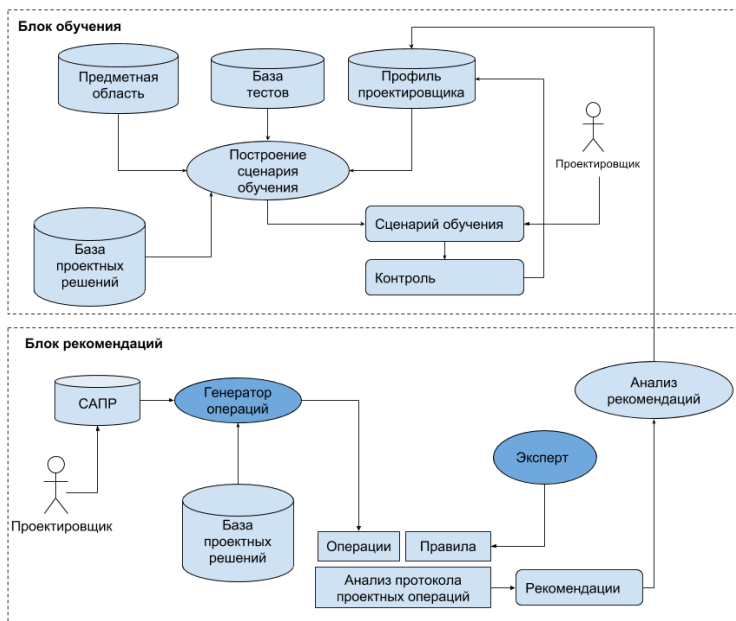


Рис. 1. Обобщенная структура системы обучения автоматизированному проектированию

Система построена на основе клиент-серверной архитектуры. Реализацией клиента является веб-приложение, посредством которого пользователь взаимодействует с обучающей средой. Образовательная система построена на базе ОС Windows 7. Базы проектных решений, предметной области, обучаемых инженеров хранятся на сервере MySQL 5.1. Генератор траектории обучения, анализ тестовых задания, подсистемы анализа действий обучаемого инженера, веб-приложение разработаны на PHP 5.3.

2. Реализация графического редактора модели предметной области

Графический редактор модели предметной области обеспечивает хранение данных и наполнение онтологической модели предметной области.

Внешний вид редактора предметной области представлен на рис. 2. Программа разработана на платформе Java Platform Standart Edition и работает в связке с СУБД MySQL 5.1.

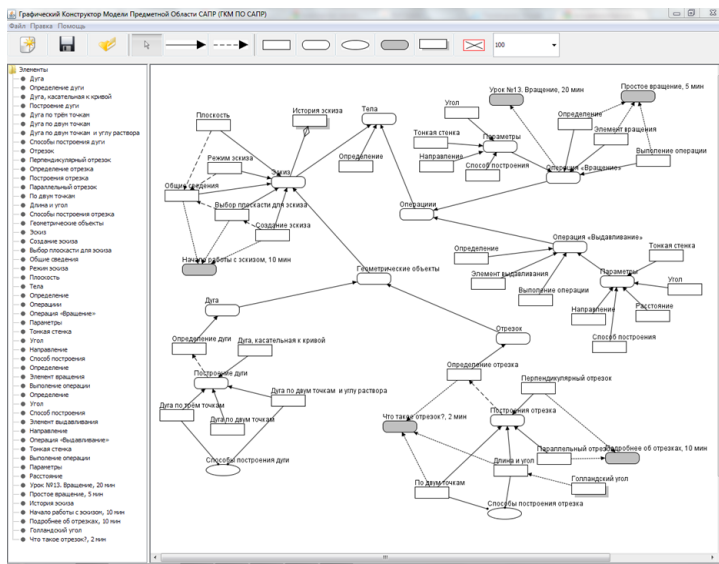


Рис. 2. Графический редактор модели предметной области

3. Реализация метода формирования персонафицированного сценария

Метод формирования персонафицированного сценария обучения реализован на языке программирования Java и включает следующие компоненты:

- виртуальный учитель;
- модель предметной области;
- модель сценария;
- модель тестирования;
- модель обучаемого инженера.

На рис. 3 показан результат работы алгоритма, в том числе тестовое задание с вариантами ответов, выбранные ответы, степени владения знаниями у обучаемого проектировщика и сформированная последовательность материалов для изучения.

```
Окружность по двум точкам: 50%(0) Окружность по трем точкам: 50%(0)
Вопрос: Что такое окружность?
1) Определение окружности+
2) Отрезок, касательный к двум кривым
3) Касательный отрезок через точку кривой
4) Касательный отрезок из внешней точки
5) Окружность по двум точкам
6) Произвольный отрезок
Ответ: 2 1
Состояние атомов:
Касательный отрезок из внешней точки: 100%(1) Отрезок, касательный к двум кривым: 33%(3)
Касательный отрезок через точку кривой: 50%(2) Параллельный отрезок: 100%(1)
Перпендикулярный отрезок: 0%(1) Произвольный отрезок: 0%(1)
Определение отрезка: 100%(1) Определение окружности: 100%(1)
Окружность, касательная к двум кривым: 0%(1) Окружность, касательная к кривой: 0%(1)
Окружность по двум точкам: 50%(0) Окружность по трем точкам: 50%(0)
Материал для изучения:
Построение окружности, Построение отрезков,
```

Рис. 3. Результат работы алгоритма

4. Реализация системы рекомендаций для проектировщика

Система рекомендаций состоит из 2 основных частей: генератор операций и экспертная система по поиску рекомендаций (рис. 0).

Генератор операций

Генератор операций реализован на платформе .NET Framework. В качестве примера выбрана система автоматизированного проектирования КОМПАС-3D V16. Для обработки событий используется технология Automation, реализованная в виде библиотеки на языке программирования C#.

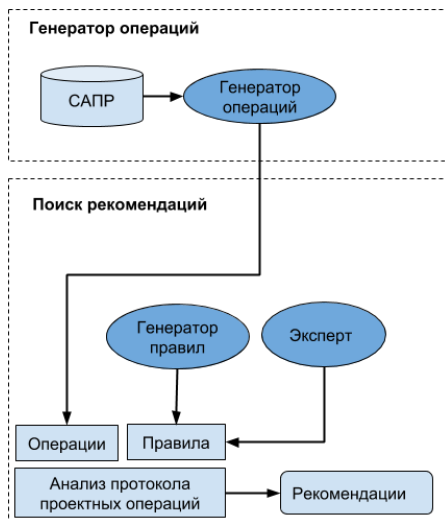


Рис. 4. Система рекомендаций

Проектные операции кодируются в формате XML.

Поиск рекомендаций

Поиск рекомендаций выполнен на платформе Ruby, что позволяет быстро вносить новые правила для поиска рекомендаций. Пример вывода анализа сборки и вывода рекомендаций показана на рис. 5.

#	Имя	Операций	Действий	Рекомендаций	Уменьшение действий	%
0	Сборка а3д	870	3734	18	124	3.3%
-	Корпус насоса...	249	1058	3	15	1.4%
-	Передняя крыш...	127	558	6	30	5.4%
-	Прокладка пере...	1	3	0	0	0.0%
-	Подшипник скол...	1	3	0	0	0.0%
-	Крышка подшип...	19	81	1	2	2.5%
-	Ротор м3д	51	233	0	0	0.0%
-	Вакуумная каме...	111	498	2	7	1.4%
-	Штифт м3д	22	85	0	0	0.0%
-	Пружина м3д	7	29	0	0	0.0%
-	Полость м3д	1	3	0	0	0.0%
-	Крышка вак. ка...	1	3	0	0	0.0%
-	Клапан м3д	12	49	0	0	0.0%
-	Держатель клап...	13	54	0	0	0.0%
-	трубка входная...	37	148	0	0	0.0%
-	Шпилька м3д	54	213	0	0	0.0%
-	Покладка вак...	1	3	0	0	0.0%

Состоит из 870 операций, из них 67 – формообразующих, 516 – построение геометрических объектов, 55 – построение эскизов, 171 – наложение параметризации. Общее количество совершенных действий при построении – 3734. Сформулированы следующие рекомендации.

У вас 4 одинаковых операции («Скругление:2», «Скругление:5», «Скругление:4», «Скругление:6»). Не используйте операцию «Скругление» для каждого ребра в отдельности. Если это возможно, указывайте как можно большее количество ребер, параметры для которых одинаковы это уменьшит количество действий на 56%.

У вас 2 одинаковых операции («

Рис. 5. Экранная форма рекомендательной системы

Примеры вывода рекомендаций даны ниже [1].

У вас 2 одинаковых операции («Скругление:3», «Скругление:4»). При построении скругления для множества ребер с одинаковыми параметрами операции, постарайтесь выбрать как можно большее количество ребер, это уменьшит количество действий на 38%.

При построении параметрического ограничения «равенство радиусов двух дуг или окружностей» для 8 геометрических объектов эскиза «Эскиз:11» воспользуйтесь опцией «Запомнить состояние», это уменьшит количество действий на 47%.

5. Реализации ядра мобильной системы обучения, моделей предметной области, обучаемого, тестирования для платформы Android

В качестве платформы для мобильной интеллектуальной системы обучения выбран Android. Были реализованы ядро обучающей системы и модели пространства обучения: модели предметной области, обучаемого, тестирования, сценария. Реализован метод адаптации автоматизированных обучающих систем.

Пример экранной формы мобильного приложения показан на рис. 6.

Построение эскиза	
10.07.2016 10:10 +23м.51с.	
Базовый	
10.07.2016 10:10 +9м.50с.	
1.	Режим эскиза 10:10 +1м.2с.
2.	Начало работы с эскизом 10:11 +1м.58с.
3.	Использование эскиза в операциях 10:13 +2м.18с.
4.	Диагностика состояния эскиза 10:15 +1м.29с.
Запуск тестирования	
1.	Что такое режим эскиза? 10:16 +1м.7с. Режим эскиза 50% → 0%↓
2.	Для каких целей используются эскизы? 10:17 +1м.6с. Общие сведения 50% → 0%↓ Плоскость 50% → 0%↓
3.	В каких состояниях может находиться эскиз? 10:19 +0м.50с. Выбор плоскости для эскиза 50% → 0%↓
Сгенерированный сценарий №1	
10.07.2016 10:19 +3м.18с.	
1.	Общие сведения об эскизе 10:19 +2м.11с.
Запуск тестирования	
1.	Использование эскиза в операциях 10:22 +1м.7с. Плоскость 0% → 25%↑ Режим эскиза 0% → 50%↑ Выбор плоскости для эскиза 0% → 50%↑

Рис. 6. Экранная форма мобильного приложения для просмотра истории обучения

6. Оценка метода формирования персонифицированного сценария обучения

Для оценки эффективности применения персонифицированного сценария обучения были сформированы целевые группы студентов. Характеристики эксперимента: длительность исследования 3,5 часа, вовлечено 9 студентов, которые были разделены на 2 целевые группы численностью по 4–5 человек, цель обучения – формирование компетенций: умеет работать с интерфейсом; владеет навыками построения эскизов; владеет навыками твердотельного моделирования. В одной группе в процессе обучения применялся метод формирования персонифицированного сценария обучения, в другой группе применялись только стандартные средства обучения. В среднем время обучения у студентов, использующих персонифицированный сценарий обучения на 14% меньше, а время выполнения контрольного задания на 4%, чем у остальных студентов [4].

7. Оценка повышения эффективности деятельности проектировщика при использовании системы рекомендаций

В качестве меры эффективности деятельности проектировщика выберем количество действий, выполняемых при построении детали.

Для оценки метода формирования рекомендаций были проанализированы сборки, разработанные в САПР КОМПАС. Источниками сборок являются работы, выполненные студентами Ульяновского Государственного Технического Университета, специалистами АО «Ульяновский механический завод», а также сеть Интернет. Разработанная система позволяет уменьшить количество действий, выполняемых проектировщиком в среднем на 4,4%.

Заключение

Разработанные программные средства формирования профиля проектировщика позволили апробировать на практике предложенные в работе методы и алгоритмы и в результате проведенных экспериментов полностью доказали свою состоятельность.

В среднем время обучения у студентов, использующих персонифицированный сценарий обучения на 14% меньше, а время выполнения контрольного задания на 4%, чем у остальных студентов. Рекомендательная система позволяет сократить количество выполняемых действий проектировщиком при трехмерном моделировании деталей в САПР КОМПАС в среднем на 4,4%.

Список литературы

1. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С., Гульшин, В.А. Система рекомендаций для оценки действий проектировщика на примере САПР // Радиотехника. – 2016. – № 9. – С. 52-56.

2. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Разработка авторской интеллектуальной обучающей системы // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2016. № 1 (3). С. 100–104.

3. Пинков А.П., Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Разработка методов и средств компьютерных систем обучения автоматизированному проектированию машиностроительных объектов // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 1(47). – С. 75-84