

РАЗРАБОТКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕДСТВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ

доктор технических наук, профессор **А. В. Скрышников**¹

кандидат технических наук, доцент **А. В. Лемешкин**¹

кандидат технических наук **Ю.А. Сафонова**¹

1- ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
Воронеж, Российская Федерация

Современные интерактивные средства обучения могут быть использованы при подготовке специалистов лесного хозяйства. Представленная статья содержит доказательства необходимости повышения эффективности качества разработок компьютерных интерактивных средств, основанных на специализированных математических моделях, алгоритмах действия и программных инструментах, позволяющих создавать сценарии развития различных ситуаций, проводить оценку решений по выбору методов и средств устранения проблем, возникающих в процессе эксплуатации валочно-пакетирующего оборудования. Выделили 6 стадий разработки интерактивной обучающей системы, каждая из которых позволяет решить несколько задач по описанию обучающего курса, представленного в игровом контексте на 3 уровнях - логическом, расширенном и физическом. Представлена сравнительная характеристика современных инструментальных средств разработки интерактивной обучающей системы. К основным недостаткам перечисленных технологий разработки можно отнести сложности, возникающие при расширении функционала среды разработки, а также необходимость написания большого объема программного кода обучающего средства и его сценария. Выделено понятие контроля качества обучения при подготовке специалистов лесозаготовки, как баланс и целостность восприятия сценарного и обучающего элементов. В статье предлагается в качестве способа обучения - адаптивный метод, который предполагает использование 2 моделей реализации: модели обучаемого и модели курса знаний. Процесс обучения предполагает взаимодействие разработчика компьютерного обучающего материала и обучаемого, каждому из которых соответствует определенный контур управления процессом обучения. Предлагается модель, позволяющая проводить анализ в процессе работы обучающей системы, определяющей параметры обучаемого учащегося с целью управления качеством его обучения и позволяющей, соответственно этому, менять последовательность изучения необходимых учебных материалов. В результате созданы программные инструменты, необходимые для разработки обучающих интерактивных средств, используемых при подготовке специалистов лесозаготовительных работ.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, интерактивное обучающее средство, метод обучения, контроль качества обучения.

DEVELOPMENT, MANAGEMENT AND ESTIMATION OF QUALITY OF INTERACTIVE TRAINING FACILITIES AT THE TRAINING OF SPECIALISTS OF TIMBER CUTTING

DSc (Engineering), Professor **A.V. Skrypnikov**¹
PhD (Engineering), Associate Professor **A.V. Lemeshkin**¹
PhD (Engineering) **Yu.A. Safonova**¹

1- FSBEI HE «Voronezh State University of Engineering Technologies», Voronezh, Russian Federation

Abstract

Modern interactive training tools can be used in training of forestry specialists. The presented article contains evidence of the need to improve the efficiency of the development of computer interactive tools based on specialized mathematical models, action algorithms and software tools that enables to create of scenarios for the development of various situations, to evaluate solutions for choosing methods and means of eliminating problems arising from the operation of feller buncher equipment. Six stages of developing an interactive training system are defined, each of which enables to solve several tasks to describe the training course presented in the game context on three levels - logical, extended and physical. A comparative characteristic of modern tools for developing an interactive learning system is presented. The main drawbacks of these development technologies include the difficulties that arise when the development environment is expanded, as well as the need to write a large amount of the program code of training medium and its script. The concept of quality control of training in the training of logging specialists is singled out, as the balance and integrity of the perception of the script and teaching elements. The article proposes an adaptive method that involves the use of two models of implementation: the model of the learner and the model of the course of knowledge. The learning process involves interaction of a developer of the computer learning material and a learner, each of which corresponds to a certain control loop of the learning process. A model is proposed that allows to carry out the analysis in the course of the work of the learning system that determines the parameters of the learner in order to manage the quality of his/her teaching and, accordingly, to change the sequence of studying the necessary teaching materials. As a result, software tools have been created to develop interactive training tools used in training forestry specialists.

Keywords: feller buncher, interactive training tool, training method, quality control of training.

Валочно-пакетирующие машины являются неотъемлемой частью механизированных лесосечных работ, обеспечивая безопасную валку дерева и его подготовку к трелевке. Данная спецтехника оснащена сложными узлами (манипулятор, гидросистема, двигатель, ходовая система, опорно-поворотное устройство и система управления). Кабина оборудована многофункциональным монитором, с помощью которого задаются и отслеживаются все необходимые показатели о состоянии машины.

При подготовке специалистов по лесозаготовкам основное внимание следует уделять обучению безопасной и эффективной работе. Одним из способов обеспечения этого условия является использование интерактивных обучающих

средств, моделирующих различные ситуации, возникающие при валочных работах, а также позволяющих в процессе ее прохождения выполнять задания и тем самым приобретать необходимые профессиональные навыки. Применение интерактивных обучающих средств позволяет ознакомиться с органами управления машиной, изучить соответствующие процедуры эксплуатации до этапа непосредственного практического обучения. Для опытных операторов валочно-пакетирующих машин интерактивные средства дают возможность совершенствовать приобретенные навыки, тем самым повышая производительность своего труда. Разработка интерактивных обучающих средств основывается на новейших технологиях, что повышает эффективность

процесса обучения; использует системы визуализации, регулирующие обзор оператора в динамическом режиме, и обеспечивающие высокую точность выполняемых работ. Задания, лежащие в основе интерактивного средства, служат для получения навыков, связанных с эксплуатацией валочно-пакетирующих машин в реальном режиме, объединяя модулируемые ситуации и работы с реалистичным управлением.

В связи с вышеизложенным является актуальным создание интерактивных обучающих средств для подготовки профильных специалистов на основе игровых элементов, которыми владеют пользователи в развлекательных системах, тем самым не только повышается интерес к обучению, но и увеличивается процент эффективности получения умений и навыков [1].

Если к разработке интерактивного обучающего средства для подготовки специалистов лесозаготовительных работ применять такой же подход как и при создании и проектировании программных средств, то можно выделить 6 этапов [2]:

- формирование требований к обучающему средству;
- разработка концепции;
- подготовка к разработке обучающего средства;
- разработка;
- тестирование;
- релиз средства.

Каждая из перечисленных стадий включает в себя ряд задач, позволяющих подробно описать обучающий курс, преподнесенный в игровом контексте, и основанный на трех уровнях: логическом, расширенном и физическом описании. Например, при формировании требований изначально проводили выбор аудитории, для которой будет создаваться обучающее средство, например, оператор валочно-пакетирующих машин; проанализировали и формализовали требования согласно программе обучения; разработали концепт интерактивного средства. На следующей стадии переходили к формированию идеи обучающего средства, объединяющей концепцию системы и область знаний изучаемого курса; выделяли ключе-

вые разделы курса; разрабатывали наборы практических заданий; создавали текстовый сценарий обучения и описание локаций; разрабатывали скетч-персонажей и уровни средства. Далее выбирали средства создания системы и вспомогательных утилит, а также формировали прототипы обучающей системы [5]. На окончательной стадии создания обучающего средства подготавливали средства защиты и сам пакет игры. Разработка обучающего интерактивного средства предполагает использование специализированных инструментов.

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика инструментальных технологий разработки обучающих интерактивных средств.

Проанализировав данные табл. 1 можно перечислить недостатки, которые отражаются на качестве обучающей системы.

С точки зрения контроля качества над обучающимся в создаваемом интерактивном средстве необходимы инструменты управления сценарием обучения и механизмы оценки получаемых результатов, так как игровой сценарий, существующий в системах описания представлен через написание программного кода, а также через настройку параметров взаимодействия игровых объектов [4]. Следующий недостаток - контроль качества обучения, как правило, в таких системах, осуществляется вручную и не применяются методы и системы автоматизированного анализа качества обучающихся, так как возникают трудности при преобразовании структуры сценария готовых заготовок под необходимые форматы.

Качество обучающего средства - баланс и целостность восприятия игрового и обучающего процессов. Постоянный контроль над приобретаемыми знаниями обучающимся является важной составляющей обучающей системы настоящего времени. Этот компонент может приостановить дальнейшее обучение, если учащийся покажет ненадлежащий результат предыдущих полученных знаний.

Перечень и описание технологий разработки обучающих интерактивных средств

Комплекты средств разработки	Конструкторы	Платформа adobe flash и аналоги	Среды разработки презентации
Полное управление мультимедийными ресурсами		Графическое управление мультимедийными ресурсами	
Среды программирования логики игры на языках высокого уровня	Среды программирования логики игры на языках высокого уровня и визуального программирования	Среда программирования логики игры - язык высокого уровня Action Script	Минимальные средства визуального программирования
Частичная возможность создания игрового приложения без программирования	Обеспечение возможности создания игрового приложения без программирования	Отсутствие возможности создания игрового приложения без программирования	Обеспечение возможности создания игрового приложения без программирования
Возможности разработки – практически не ограничены	Возможности разработки – ограничены незначительно	– ограничены незначительно	Возможности разработки – только 2d графика
Недостатки – требуется написание кода описания сценария игры	Недостатки – сложности при расширении функционала среды разработки	Недостатки – написание большого объема программного кода	Недостатки – ограниченный и не расширяемый функционал среды разработки

При разработке интерактивных обучающих средств для специалистов лесозаготовительных работ предлагается адаптивный метод обучения. Он предполагает использование двух моделей реализации: модели обучаемого учащегося и модели курса знаний, необходимых для усвоения материала. Модель обучаемого учащегося - соединение хранения оценок его уровня знаний на текущий момент, его индивидуальных характеристик и расчет взаимосвязи учащегося с данной обучаемой его системой. Модель курса знаний использует возможность подачи учебных материалов в различной последовательности, учитывая индивидуальные особенности обучаемого. Данная модель может формировать стратегию обучения, предоставляя учащемуся полностью тему необходимого для усвоения курса, а также его отдельные части, включающие минимальные элементы изучения материала.

Воздействуя на характеристики обучающего средства и изменяя обучающие материалы и

механизмы их функционирования, можно управлять качеством обучающей системы с получением результатов оценки обучающегося.

Т.е. при моделировании образовательной обучающей системы, включая средства по обучению работе на валочно-пакетирующих машинах, изначально должно учитываться качество средства, а затем проектироваться процесс обучения. Компонент «управление качеством», как контролирующий элемент приобретения знаний и навыков учащимся в процессе обучения, предполагает адаптацию обучения к индивидуальным характеристикам пользователя.

Были выделены несколько контуров управления процессом обучения (рис. 1). Формирование стратегии обучения предполагает в курсе наличие всего материала обучения по изучаемой дисциплине. Тактическая адаптация управляемого обучения показывает отдельные элементы курса обучения, например, работы с выбранными узлами машины. Во время процесса обучения

существует связь между разработчиком компьютерного обучающего материала, указанной обучающей системой и самим обучаемым

Разработчик обучающего приложения, имея информацию обо всех элементах сценария обучаемого курса и статистику обучения пользователей, применяет эту информацию для создания механизма работы внешнего контура, корректируя весь обучающий курс. Таким образом, указанный внешний контур должен реализовать управление качеством обучающей системы.

На этапе эксплуатации интерактивного средства, во время процесса обучения, внутренние контуры могут управлять указанным обучающим приложением. Существуют два внутренних контура: директивный и селективный.

Директивный контур управления - механизм автоматического выбора всех необходимых элементов сценария, заложенных в интерактивное средство, непосредственно рассчитанных на модель обучаемого. Это, с одной стороны, поможет исключить неверный порядок выполнения действий обучаемым, а с другой - адаптировать весь структурный процесс обучения под особенности усвоения материала конкретным обучаемым.

Метод использования механизма селективного контура работы заключается в возможности

предоставления обучающемуся самостоятельного выбора следующего действия в обучающей среде из представленных ему альтернативных вариантов.

Учащийся может продолжить обучение, выбирая дальнейшие действия относительно своих собственных предпочтений, или на основе и анализе результатов предыдущего собственного обучения посредством просмотра своей модели обучающегося в данной программе. Селективное управление помогает обеспечить требуемый уровень интерактивности игрового процесса обучения и воплотить мотивационный эффект игрового подхода [5].

Для обеспечения управления в реализации процесса обучения, необходимо соединение модели сценария обучающего средства с моделью обучаемого, включая возможность управления механизмами реализации (рис. 2).

Сценарий - набор взаимосвязанных и дополняющих друг друга элементов процесса обучения, представляющих собой объединение игровой и обучающей компонент [6].



Рис. 1. Управление процессом обучения в интерактивной обучающей системе

Выделили 4 способа организации сценариев в обучающих системах. Если определить доминирование в компьютерной системе той или другой составляющей, то можно выяснить класс обучающего интерактивного средства.



Рис. 2. Модели и механизмы реализации управления процессом обучения в интерактивном обучающем средстве

В первую группу отнесли типичные примеры игр, в которых имеется только обучающий сценарий (игры – симуляторы). Наличие в интерактивных обучающих системах различных элементов позволило отнести их ко второй группе обучающих систем. Третьим способом организации можно называть разработку обучающих средств, в которых находятся одновременно два непересекающихся сценария - игровая цель и цель обучающего процесса.

Данный способ организации имеет свою игровую привлекательность, однако не может гарантировать достижение цели в обучающем процессе [7]. Интегрирование отдельных элементов в обучающей сфере интерактивного средства помогает усилить обучающий эффект.

Для того чтобы цели игры и обучения двигались одновременно, необходимо проследить, чтобы при создании интерактивной игры все задания были синхронными, то есть объединены в одно смысловое действие (рис. 3).



Рис. 3. Комбинированная модель сценария

Данная комбинированная модель сценария позволила сбалансировать игровую и обучающую части компонентов компьютерного средства, сохраняя целостность восприятия интерактивной обучающей системы и позволяя достигать цели обучения. Предполагается, что учащийся, стремясь к достижению игровой цели (GA), достигнет цель обучения (LA), усвоив необходимый материал через игру.

Согласовываясь с вышеприведенными утверждениями были созданы модели обучаемого процесса, обучающего курса (дисциплины) и сценария.

Модель обучаемого процесса представляет собой коротек вида:

$$Learner = \langle \Phi, D \rangle \quad (1)$$

где Φ - множество состояний обучаемого; $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ - множество предполагаемых действий обучаемого, определяемых элементами его пространства знаний.

Модель обучаемого процесса взаимодействия учащегося с обучающим его курсом представляется уравнением эволюции состояния учащегося в дискретном времени:

$$\varphi_{i+1} = d_{i+1}(\varphi_i), \quad (2)$$

где φ_{i+1} - состояние, в которое переходит учащийся после выполнения действия d_{i+1} , определяемого предшествующим состоянием φ_i .

Действие d_{i+1} выбирается из набора:

$$D_{i+1} = F(\varphi_i), \quad (3)$$

где $F(\varphi_i)$ - функция управления, задающая набор различных возможных действий D_{i+1} учащегося в зависимости от результата выполнения текущего действия d_i (обратная связь).

Модель обучающего курса:

$$Learning\ Course = \langle S_0 \leq \rangle, \quad (4)$$

где S – множество элементов пространства знаний; \leq – бинарные отношения между элементами, отражающие их логическую связность.

Модель сценария можно представить в виде ориентированного графа (рис. 4).

Ориентированный граф задается 6 компонентами:

$Script = (Events, Actions, Objects, Sequences, Conditions, Impacts)$,

где $Events$ – множество событий процесса обучения;

$Actions$ – множество действий сценария;

$Objects$ – множество объектов, задействованных в сценарии;

$Sequences = \{(e, a) \mid e \in Events \cup Actions, a \in Actions\}$ – множество ребер, задающих последовательности действий и их связь с событиями;

$Conditions = \{(o, a, p) \mid o \in Objects, a \in Actions, p \in \Phi(o)\}$ – множество ребер, задающих условия выполнения действий сценария;

$Impacts = \{(a, o, i) \mid a \in Actions, o \in Objects, i \in \Phi(o)\}$ – множество ребер, задающих влияния;

$\Phi(o)$ – множество возможных состояний объекта o .

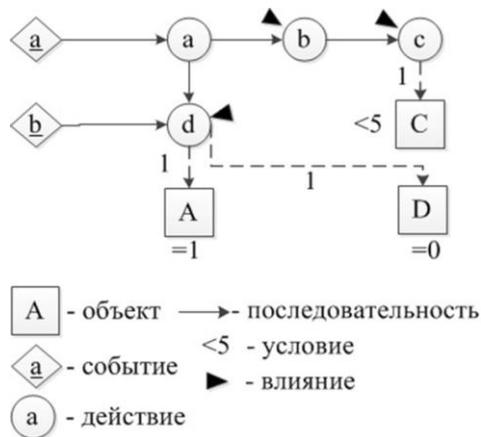


Рис. 4. Граф сценария

Объединение множеств $Events, Actions, Objects$ образует множество узлов графа, объединение множеств $Sequences, Conditions, Impacts$ образует множество ребер графа.

Состояние виртуального мира системы $\Phi(0)$ определяется совокупностью состояний отдельных объектов $\Phi(0) = \Phi(o_1) \times \Phi(o_2) \times \dots \times \Phi(o_n)$.

Элемент p условия задает подмножество состояний объекта, при котором возможно выполнение связанного с дугой действия. Элемент i задает новое состояние объекта, в котором он должен оказаться, после выполнения действия.

Выполнение действий сценария обучающей игры начинается в момент времени симуляции виртуального мира, определяемые узлами «события» модели указанного сценария. При срабатывании данного «события» начинается выполнение каких-либо действий в заранее указанной, «последовательности». Был разработан алгоритм выполнения сценария, который приведен на рис. 5.

В результате действия алгоритма выполнения сценария возможны альтернативные последовательности, при этом выбор конкретной последовательности может не уточняться. Алгоритм выбирает произвольную последовательность, для которой в данный момент будут удовлетворены все необходимые условия для исполнения следующего действия [8]. При действии алгоритма выполнения сценария, выбор будет зависеть от порядка перечисления последовательностей в соответствующих структурах данных интерактивной обучающей игры.

Рассмотрим модель учащегося для обучающей системы. Зная, что процесс обучения и игровой процесс происходят одновременно [9], следует при создании интерактивного обучающего средства соблюдать соответствующие модели:

- для управления процесса обучения использовать модель сценария;
- для управления игровым процессом необходима модель обучаемого.

Однако включение указанных 2 моделей одновременно может приводить к сбоям, которые возникают во время взаимодействия этих двух процессов. Поэтому, как правило, в обучающей системе для управления обучением используется одна модель – модель обучаемого.

Структура этой модели обучающей интерактивной игры должна учитывать характерную специфику разнообразных моделей обучаемого, у ко-

торых должны присутствовать характеристики, необходимые для мотивированной организации игрового процесса.

Для того чтобы произвести оценку и хранение данных, получаемых во время обучения игрока, в компьютерной системе используются модели, идентичные моделям, которые применяются в обучающих системах [10], что может ограничить игровые возможности интерактивного средства, так как они не приспособлены для использования их в интерактивном игровом процессе.

Также использование современных моделей обучения вызывает значимые трудности при создании интерактивных средств, так как для них необходимо указать множество элементов сценария, соответствующие разным моделям обучающихся.

Поэтому сформулируем требования к модели обучаемого:

- обеспечение расчета и хранение игровых характеристик модели обучаемого наравне с характеристиками процесса обучения;
- ретроспективный анализ динамики изменений модели, то есть произвести анализ всей хра-

нимой информации, собранной в процессе обучения во время игры;

- открытость и доступность для обучаемого;
- обеспечение снижения трудоемкости построения модели обучаемого за счет дробления элементов курса на небольшие фрагменты.

В обучающих интерактивных средствах модель обучаемого хранит в себе информацию о персонаже игры со всеми его характеристиками, параметрами и возможностями. Эта модель обычно отображается двумя планами: опытом и проявлением умений. Опыт измеряется на шкале в диапазоне от десятков до тысяч единиц и эти значения могут увеличиваться, накапливаясь в процессе выполнения обучающимся каких-либо действий. Умения учитываются по бинарной шкале и могут иметь несколько (не более пяти) значений. Изменение этих значений может быть произведено самим обучающимся через интерфейс обучаемой системы. Значения умений игрока доступны ему в качестве награды за достижения - выполнения каких-либо игровых заданий.

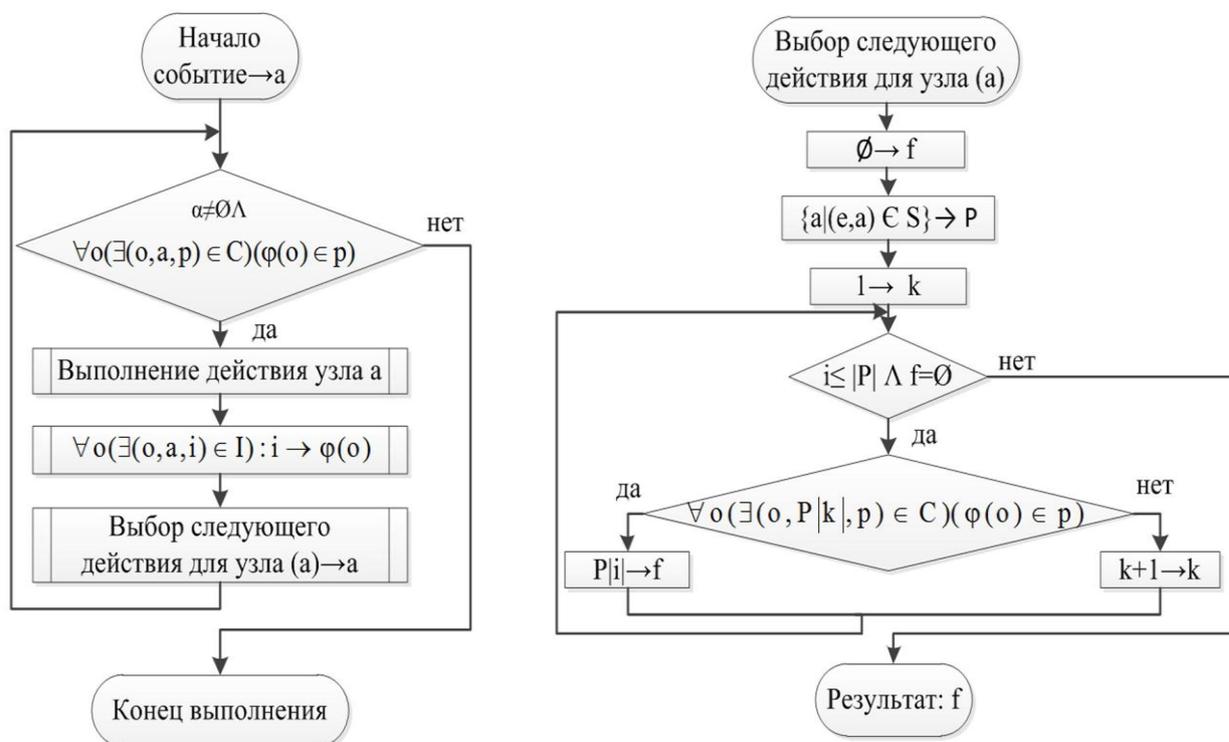


Рис. 5. Алгоритм выполнения сценария

Модель обучаемого обуславливается двумя векторами оценки:

- оценка навыков, которая соответствует опыту в обычных играх;
- оценка знаний и умений.

В обучающих системах оценка знаний может быть рассчитана на основе умений обучаемого, которые будут переведены в оценки результатов обучения. Для возможности получения анализа всего процесса обучения, необходимо в интерактивной обучающей системе в модели обучаемого заложить профиль действий, в котором бы собирались все его выполненные действия, произведенные в ходе данной игры [11].

Метрики выполнения действия обучаемого, составляющие его характеристику, собираются в программе при каждом выполнении им какого-либо действия. По наборам метрик отслеживаем все выполненные действия, определяя их тип. При прохождении всего процесса обучения сценарии могут выполняться в различном порядке. Они могут повторяться или могут вообще не выполняться, так как профиль действий обучающей игры может содержать несколько видов выполнения одного и того же действия [12].

Для получения конечной оценки обучаемого, набравшему в результате прохождения обучения в игре знания и навыки, следует обратить внимание на модель знаний и модель навыков, в которые будут вложены параметры соответствующих результатов, расположенные по определенным темам, например, таким как, устройство валочно-пакетирующих машин манипуляторного типа; механизм срезания; разработка лесосек с применением валочно-пакетирующих машин с прямолинейными ходами по лентам перпендикулярным усу или параллельным ему и по кругу и т.п. Модели разнятся между собой механизмами вычисления переменных, применяемых шкалами оценки и интерпретации этих моделей в обучающем процессе интерактивной компьютерной игры:

$Gamer = (Profile, Knowledge, Skills, KImpacts, KEstimation, SEstimation)$,

где $Profile = (ac_n)$ - профиль действий; $Knowledge = (fc_v)$ - модель знаний; $Skills = (s^A)$ - модель

навыков; $KImpacts = \{Kly_a\}$ - множество функций влияния действия на знания; $KEstimation = \{KE_s\}$ - множество функций оценки действия; $SEstimation = \{Sep_s\}$ - множество функций влияния действий на навыки; B - количество элементов в модели навыков; z - количество элементов в модели знаний.

Каждый элемент ac_i профиля действий может быть представлен в виде $ac_n = (a_n, T_n, (c_{n,j}), j = 1..M_T)$, для которого $a_i \in Actions$ - действие сценария, при выполнении которого собрана характеристика; T_n - тип действия; $c_{n,j} \in R$ - значения метрик действия; M_T - общее количество метрик, измеряемых для действия типа T_n .

С точки зрения модели сценария каждый элемент модели знаний и модели навыков является объектом. Состояния этих объектов можно задать на множестве вещественных чисел: $\Phi(k_v)$ с R ; $\phi(s_B)$ с R .

После составления характеристики выполнения действия сценария новое значение элементов модели обучаемого вычисляется с помощью функций оценки и функций влияния:

- функции оценки действия $KE_T : (c_{n,j}) \rightarrow ke_n$ задаются для каждого типа действия (T_n) и используются для расчёта степени усвоения предлагаемых знаний на основе значений метрик выполнения действия;

- функции влияния действия на знания KI_{ya} задаются для пар действие сценария (α) - элемент модели знаний (y) и используются для расчёта влияния действий сценария на элементы модели знаний на основе значений оценки действия ke_n ; функции влияния действий на знания задаются с помощью параметров i связей типа «влияние» модели сценария;

- функции влияния $SE_{\beta,T}$ задаются для пар тип действия (T) - элемент модели навыков (β) и используются для расчёта влияния действий сценария на элементы модели навыков, на основе метрик выполнения действия. Параметры связей типа «влияние» модели сценария для элементов модели навыков всегда равны 1.

При создании интерактивного обучающего средства следует учесть, что обучающемуся, имеющему опыт возможности изменения характе-

ристик своего персонажа в развлекательных видеоиграх, будет также интересно наблюдать за изменением характеристик своего персонажа во время прохождения обучающей игры [13]. Это помогает планировать дальнейшие действия, координируя игровой обучающий процесс.

Чтобы реализовать внешний контур управления, необходимо обеспечить управление качеством сценария и качеством созданной модели обучающего. Предлагаются критерии, в основу которых положены анализ сценария обучения и анализ профиля обучения.

Критерием определения корректности структуры сценария является изучение материалов выполнения заданий обучающимся, что позволяет выявить все элементы его знаний [14, 15].

Наличие в профиле действий последовательности записей вида «неверное решение задания X», «получение информации Y», «верное решение задания X», при условии, что информация Y не была получена ранее, свидетельствует о том, что информационный элемент Y в обучающей среде выдается позже, чем требующее его знания задание.

Используя критерий оценки элементов сценария (действий, а также необходимых событий и объектов), выявили элементы курса, которые не влияют на качество результатов обучения.

Критерий оценки получается на основе значений, зафиксированных в тестовой группе. Оценка обучения демонстрирует распределение тестовой группы по различным критериям и позволяет выявить те стратегии, которые оказались малоинтересными. Используя критерии оценки, можно скоординировать последовательность действий игрового сценария с лучшей стороны. Для этого определяется баланс между группами схожих стратегий, в которых сравнивается количество обучаемых и качество реализовавшихся стратегий в каждой группе.

Алгоритм построения всех игровых стратегий обучения:

1) выбор элементов из профиля информационных действий (с изучением теоретической информации) и контроль над выполнением заданий (производя при этом запись порядка действий);

идентификатор элементов сценария является основой для построения стратегии).

2) удаление информации о повторных действиях: а) в информационных действиях остается только запись, сделанная первой; б) при выполнении действий заданий остаётся первая запись, соответствующая правильно выполненному заданию.

Таким образом, можно получить набор стратегий, каждая из которых будет являться вектором элементов сценария интерактивной обучающей системы. Чтобы выявить группы со схожими стратегиями, необходимо вычислить значение коэффициента похожести для каждой пары.

Для этого определяли отношение числа элементов вектора максимальной общей последовательности стратегий к половине их суммарного числа элементов. Из полученного результата составляли матрицу сходства, на основе которой можно было выполнить кластеризацию стратегий разными вариантами.

Далее рассчитали количество стратегий, которые входят в каждый кластер. Можно визуализировать кластеры и отобразить внутренние элементы графа сценария каждого кластера.

Во время влияния различных действий сценария на элементы модели знаний, оценивая, определили критерий влияния элементов данного обучающего курса на элементы модели обучающего по этому курсу. Данный критерий можно оценивали или априорно, или апостериорно.

Значения в критерии, который был оценен априорно, рассчитывали на основе соотношения параметров связей влияния всех действий сценария на элементы, которые производит модель обучающего в данной игре. Влияние действия a на элемент модели знаний k рассчитывается как отношение параметра i связи действия с моделью знаний к сумме коэффициентов всех связей влияния, входящих в элемент k .

Апостериорные значения критерия рассчитывали на основе профиля действий. Влияние действия a на элемент модели знаний k рассчитывается как сумма влияний действия на элемент знаний к окончательному значению элемента знаний.

Чтобы определить критерий, определяющий необходимость повторного изучения элементов курса для обучаемого, необходимо произвести расчет, определяющий отношение общего числа вхождений информационного элемента сценария в профили действий тестовой группы к общему числу профилей. Нормальное значение этого критерия должно быть равно 1. Если в результате определения были бы выведены более высокие значения этого критерия, то это является показателем низкого качества описания элемента знаний в обучающей интерактивной системе.

Также как и критерий, определяющий необходимость повторного изучения элементов курса для обучаемого, рассчитывали критерий, определяющий основу числа записей о неверном решении задания в профиле действий модели обучаемого. Высокие значения данного критерия (два или три) свидетельствуют о высокой сложности задания. Также эти цифры могут свидетельствовать о недостатке теоретической информации (неверной структуре курса) в данной интерактивной обучающей системе.

Вычисление критерия сбалансированности необходимо, чтобы определить сбалансированность обучаемого и игрового процесса во время обучения. Данный критерий выявляет те участки сценария, на которых отсутствует сбалансированность и какой-либо из процессов начинает преобладать над другим. Учитывая, что все действия игрового сценария разделены на обучающие и игровые, а время игры разделено на интервалы с небольшим количеством действий (от пяти до десяти), определяли общий критерий сбалансированности в игре, $b_{\text{игр}}$:

$$b_{\text{игр}} = \Delta t_{\sigma, \text{игр}} / \Delta t_{\text{игр}}, \quad (5)$$

где $\Delta t_{\sigma, \text{игр}}$ - это суммарное время выполнения обучающих действий, находящихся в интерактивной обучающей системе, а $\Delta t_{\text{игр}}$ - общая продолжительность временного интервала, за который необходимо произвести какое-либо действие.

Также можно вычислить критерий сбалансированности и для отдельных действий сценария.

Для этого соответственно каждой записи в профиле, согласно действию сценария, выбирается 5-7 записей до нее и столько же после. Далее кри-

терий сбалансированности для действия сценария определяется по формуле:

$$b_{\alpha} = (1 / N) \cdot \sum_i (\Delta t_{bi} / \Delta t_i), \quad (6)$$

где N - количество записей в профиле для данного действия; Δt_{bi} - суммарное время выполнения обучающих действий на интервале возле i -й записи в профиле; Δt_i - общая продолжительность временного интервала для i -й записи профиля.

Определив эффективность применения обучающего средства на действиях, произведенных тестовой группой, формируются и устанавливаются конкретные значения критерия сбалансированности.

Рекомендованные значения критерия сбалансированности устанавливаются, основываясь на тестировании эффективности применения обучающей интерактивной системы.

Критерий адекватности требований к игровым навыкам в интерактивной обучающей системе позволил определить те места сценария, в которых недостаточно опытные обучающиеся замедляют своё прохождение по игровому процессу. Это является после анализа количества неоднократных повторений действий сценария обучающимся. По критерию адекватности требований к игровым навыкам можно определяли самые трудные участки.

В случае если обучающийся имеет хороший игровой опыт, критерий адекватности требований к навыкам определяет, что обучающий процесс прошёл нормально и был выполнен за один раз. Если критерий адекватности требований к навыкам определил, что какое-либо обучающее действие было выполнено несколько раз в течении небольшого промежутка времени и между их повторениями отсутствуют другие действия, то данный фрагмент профиля игры можно отнести к профилю с завышенной трудностью обучающего процесса для данного участника на конкретно указанном участке сценария.

Таким образом, проведенные исследования позволили сформировать математические модели обучения, а также проводить анализ процесса работы обучающей системы, определяющей параметры обучаемого участника с целью управления качеством его обучения и позволяющей, соответственно

этому, менять последовательность изучения необходимых учебных материалов.

Интерактивные обучающие средства, создаваемые на основе рассмотренных моделей адаптивного метода, а также обеспечивающих контроль качества процесса обучения для специалистов ле-

созаготовительных работ, позволят не только эффективно проводить учебные практические занятия, но и расширить возможности традиционных программ обучения.

Библиографический список

1. Катаев, А.В. Открытая модель игрока для оценки знаний и навыков в компьютерных обучающих играх [Текст] / А.В. Катаев, О.А. Шабалина // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2011. - Т. 11. - №9(82). - С. 79-85.
2. Шабалина, О.А. Модель процесса обучения и ее интерпретация в обучающей компьютерной игре [Текст] / О.А. Шабалина // Вестник Саратовского государственного технического университета. - 2013. - Т. 2. - №1(70). - С. 158-167.
3. Данилов, О.Е. Разработка обучающих программ с помощью инструментов для создания компьютерных игр [Текст] / О.Е. Данилов // Молодой ученый. - 2014. - №3(62). - С. 899-901.
4. Лазарева, А.А. Анализ современных компьютерных обучающих деловых игр [Текст] / Лазарева А.А. // Universum: психология и образование. - 2015. - №7(17). - С. 4.
5. Савельева, Т.А. Обучающие компьютерные игры [Текст] / Т.А. Савельева // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. - 2016. - №3. - С. 97-100.
6. Явич, М.П. Теоретические основы информатики. Концепции создания электронных обучающих средств и интеллектуальных компьютерных игр для детей [Текст] / М.П. Явич // Современные информационные технологии и ИТ-образование. - 2012. - №8. - С. 890-897.
7. Карпенко, О.М. Геймификация в электронном обучении [Текст] / О.М. Карпенко, А.В. Лукьянова, А.В. Абрамова, В.А. Басов // Дистанционное и виртуальное обучение. - 2015. - №4(94). - С. 28-43.
8. Скрыпников, А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей [Текст] / А. В. Скрыпников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - №10. - С. 217-220.
9. Рябцева, С.А. Автоматизация поиска принципов действия технических систем [Текст] / С.А. Рябцева, А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова // Автоматизация. Современные технологии. - 2016. - №9. - С.12-14.
10. Ptitsyn, P. S. Development of the method for integration of mobile applications and corporate information systems [Text] / P. S. Ptitsyn, D. V. Radko, A. V. Skrypnikov // Journal of Digital Information Management, 2016. - Vol. 14. - №5. - P. 322-332.
11. Robertson, T. Actions in time and place: the cooperative design of a multimedia, educational computer game [Text] / T. Robertson // Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 1996. - Vol. 5. - №4. - P. 341-367.
12. Lee, J. Spectrum: an educational computer game [Text] / J. Lee, M. Trigueros, Ju. Tagueña, R.A. Barrio // Physics Education, 1993. - Vol. 28. - № 4. - P. 215-218.
13. Kwon, J. The development of educational and/or training computer games for students with disabilities [Text] / J. Kwon // Intervention in School & Clinic, 2012. - Vol. 48. - № 2. - P. 87-98.
14. Liu, T.-Y. Using educational games and simulation software in a computer science course: learning achievements and student flow experiences [Text] / Liu T.-Y. // InterActive Learning Environments, 2016. - Vol. 24. - № 4. - P. 724-744.
15. Brom, C. Implementing digital game-based learning in schools: augmented learning environment of 'EUROPE 2045' [Text] / C. Brom, V. Šisler, R. Slavik // Multimedia Systems, 2010. - Vol. 16. - № 1. - P. 23-41.

References

1. Kataev A.V., Shabalin O. A. *Open* the player model for assessment of knowledge and skills in educational computer games. News of Volgograd state technical University, 2011, T. 11., no. 9(82), pp. 79-85. (In Russian).
2. Shabalina O. A. Model of learning process and its interpretation in educational computer game. Vestnik of Saratov state technical University, 2013, T. 2., no. 1(70), pp. 158-167. (In Russian).
3. Danilov O. E. Development of training programs with the help of tools for creating computer games. Young scientist, 2014, no. 3 (62), pp. 899-901. (In Russian).
4. Lazareva A. A. Analysis of modern computer training business games. Universum: psychology and education, 2015, no. 7(17), pp. 4. (In Russian).
5. Savelyeva T. A. Educational computer games. Bulletin of young scientists of Saint-Petersburg state University of technology and design, 2016, no. 3, pp. 97-100. (In Russian).
6. Yavich M. P. Theoretical bases of Informatics. Concepts of creation of electronic teaching AIDS and intellectual computer games for children. Modern information technologies and it education, 2012, no. 8, pp. 890-897. (In Russian).
7. Karpenko O. M., Lukyanova A.V., Abramova A.V., Basov V. A. Gamification in e-learning. Distance and virtual learning, 2015, no. 4(94), pp. 28-43. (In Russian).
8. Skrypnikov A.V. Construction of procedures for selection of management decisions on the basis of optimization models. Problems of modern science and practice. University them. V. I. Vernadsky, 2009, no. 10, pp. 217-220. (In Russian).
9. Ryabtseva S. A., Skrypnikov A.V., Chernyshova E. V. Automation of search of principles of operation of technical systems. Avtomatizatsiya. Modern technology, 2016, no. 9, pp. 12-14. (In Russian).
10. Ptitsyn P. S., Radko D. V., Skrypnikov A. V. Development of the method for integration of mobile applications and corporate information systems. Journal of Digital Information Management, 2016, Vol. 14, №5, pp. 322-332.
11. Robertson T. Actions in time and place: the cooperative design of a multimedia, educational computer game. Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 1996, Vol. 5, no. 4, pp. 341-367.
12. Lee J., Trigueros M., Tagueña Ju., Barrio R.A. Spectrum: an educational computer game. Physics Education, 1993, Vol. 28, no. 4, pp. 215-218.
13. Kwon J. The development of educational and/or training computer games for students with disabilities. Intervention in School & Clinic, 2012, Vol. 48, no. 2, pp. 87-98.
14. Liu T.-Y. Using educational games and simulation software in a computer science course: learning achievements and student flow experiences. InterActive Learning Environments, 2016, Vol. 24, no. 4, pp. 724-744.
15. Brom C., Šisler V., Slavik R. Implementing digital game-based learning in schools: augmented learning environment of 'EUROPE 2045'. Multimedia Systems, 2010, Vol. 16, no.1, pp. 23-41.

Сведения об авторах

Скрытников Алексей Васильевич – заведующий кафедрой, профессор кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российской Федерации; email: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Лемешкин Александр Викторович – доцент кафедры высшей математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», кандидат технических наук, доцент г. Воронеж, Российской Федерации; email: sansan55@mail.ru.

Образование

Сафонова Юлия Александровна - доцент кафедры высшей математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российской Федерации; email: kulakova7@yandex.ru.

Information about authors

Skrypnikov Alexey Vasilyevich - Head of the Department, Professor of the Department of Information Security Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies", Ph.D. in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; email: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Lemeskin Alexander Viktorovich - Associate Professor of Higher Mathematics and Information Technologies Chair Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies", Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: sansan55@mail.ru.

Safonova Yulia Aleksandrovna - Associate Professor of Higher Mathematics and Information Technologies Chair Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies", Ph.D. in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kulakova7@yandex.ru.