

МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОГО МИРА МУЛЬТИМЕДИА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.В. Грибова, М.В. Петряева, Л.А. Федорищев, М.Ю. Черняховская

Абстракт: В работе представлена модель виртуального мира медицинского мультимедиа тренажера. Описаны компоненты модели: объекты, действия, которые смогут совершать обучаемые с объектами виртуально мира. Приведены фрагменты сформированных сценариев обучающих заданий.

Ключевые слова: виртуальный мир, медицинские компьютерные обучающие тренажеры, объекты, сценарии.

АСМ-классификация: D.2.2 [Технология программирования]: Методы и средства проектирования D.2.10 [Технология программирования]: Проектирование---методология; H.1.1 [Модели и принципы]: Теория систем и информации---общая теория систем.

Введение

В современной образовательной практике компьютерные тренажеры стали очень востребованными для профессиональной подготовки специалистов разного уровня квалификации [Гаммер М.Д., 2007]. До недавнего времени в процессе подготовки медицинских кадров превалировал метод обучения «на больном», т. е. на реальном объекте. Однако в настоящее время в странах Евросоюза запрещено обучение студентов на реальных больных, в России требуется обязательное согласие пациента на такие формы обучения [Мещерякова М.А., 2006]. Решение этой проблемы можно добиться путем использования в учебном процессе обучающих тренажеров, которые позволят существенно улучшить качество обучения, дадут возможность обучаемым "проиграть" различные практические ситуации до начала их работы в реальных условиях, обеспечат возможность удаленного обучения [Шубина Л.Б. и др., 2010]. Разработка медицинских компьютерных тренажеров с использованием мультимедиа технологий на базе технологий виртуального окружения, создает возможность реализовать практически любые исследования на виртуальном пациенте и воспроизвести методики отработки многих медицинских манипуляций. В итоге, как студент, так и начинающий врач, получают не только теоретическую, но и высококачественную практическую подготовку.

В работе [Грибова В.В. и др., 2009] на основе анализа тренажеров, описанных в литературе, была предложена концепция их разработки. В соответствии с предложенной концепцией выделены следующие компоненты модели тренажера:

- **модель виртуального мира**, которая состоит из описания объектов, команд, действий и сценариев проводимых исследований;
- **модель диагностических знаний**, состоящая из наблюдений, диагностируемых состояний, причинно-следственных связей между наблюдениями и диагностируемыми состояниями;
- **модель упражнений**, которая включает различные диагностические ситуации (примеры), приемы медицинских манипуляций и т.п.;
- **модель оценки действий обучаемого**, включающая оценку результатов проведения диагностических исследований и объяснение ошибок, совершенных обучаемым при их проведении.

Каждому компоненту модели тренажера соответствует онтология, которая описывают информацию о соответствующем компоненте модели. Формирование конкретного компонента модели тренажера сводится к выделению подмножества из соответствующей онтологии и уточнении значений ее характеристик.

Целью настоящей работы является описание модели виртуального мира медицинских компьютерных обучающих тренажеров, которые планируется использовать для отработки профессиональных знаний, умений и навыков у студентов медицинских вузов в процессе обучения их врачебному искусству (делу).

Компоненты виртуального мира медицинского компьютерного обучающего тренажера

Виртуальный мир медицинского компьютерного обучающего тренажера строится в соответствии с критериями идеализации и абстракции; идеализация состоит в том, чтобы отобразить в виртуальном мире существенные для него признаки объектов, а абстракция — в том, чтобы игнорировать другие, нерелевантные для данного виртуального мира особенности (объектов) [Филатова Н.Н., Вавилова Н.И., 2000]. Виртуальный мир является трехмерным и действие происходит в режиме реального времени.

Компонентами виртуального мира являются: множество объектов, команд, действий и сценариев обучающих заданий.

Характеристика объектов виртуального мира

Объекты имеют разную структуру, роль, поведение и отображение. Каждый объект обладает набором *атрибутов*, определяющих присущие ему свойства, положение в пространстве и т.д. Исходя из этого, выделены следующие основные **классы** объектов (см. рис. 1).

- **Простой (неизменяемый) объект.**
- **Изменяемый объект.**
- **Составной объект.**
- **Таблица (массив, регулярная структура).**

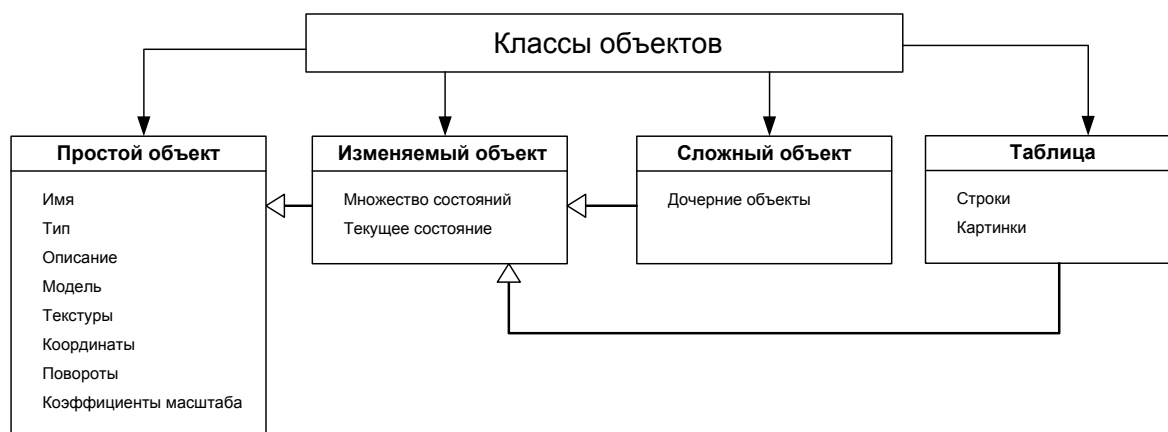


Рис. 1. Схема наследования классов объектов.

Простой (неизменяемый) объект – это объект, обладающий набором атрибутов, которые не изменяются в процессе воспроизведения сцены, например стол, кушетка. Простой объект можно назвать "базовым" в силу того, что от него наследуются все остальные типы объектов. Кроме того, простой объект обладает набором обязательных атрибутов *логического уровня* и *уровня представления*:

- имя – уникальный идентификатор объекта, термин предметной области.
- тип – атрибут, определяющий принадлежность данного объекта к определенному классу объектов.

- описание – текстовое описание объекта, которое делает эксперт предметной области для пояснения его предназначения.
- модель - содержит ссылку на файл к полному описанию 3d-модели.
- текстуры (текстура) – это [растровое изображение](#), накладываемое на одну из поверхностей модели для придания ей цвета, окраски или иллюзии рельефа. Координаты - три вещественных числа (координаты x, y, z), которые определяют положение объекта на сцене в мировой системе координат.
- углы вращения - три вещественных числа, углы вращения вокруг осей x, y, z (от нуля до 360 градусов). Это независимые числа и могут быть разными в разных состояниях объекта.
- коэффициенты масштабирования - три вещественных числа, множители по осям x, y, z , которые необходимы для изменения размеров объекта.

Углы вращения могут быть заданы, если необходимо изменить ориентацию модели. На основе образца модели может быть добавлено множество экземпляров этой модели, имеющих разную пространственную ориентацию. Аналогично для коэффициентов масштабирования: модели могут быть одинаковыми с точностью до размеров (например, одни стулья могут быть больше, другие меньше).

При описании объектов виртуального мира предметной области «Медицина» можно выделить следующие простые объекты: "кушетка", "стол врача", "стул" - они являются простыми "декорациями", которые не изменяются в процессе работы приложения. Для них достаточно определить, как они выглядят и где находятся в сцене виртуального мира. Далее, в качестве примеров, будут приведены фрагменты формального описания различных классов объектов, сформированные экспертами предметной области для офтальмологического медицинского обучающего тренажера.

Пример 1. Формальное описание объекта "Стол медицинский".

- имя: "стол медицинский",
- тип: простой,
- описание: "предмет мебели, состоящий из горизонтальной поверхности (столешницы) и основания, предназначенный для размещения медицинского инструментария",
- модель: "стол",
- координаты: [100, 100, 0],
- текстуры, углы вращения, коэффициенты: можно в данном случае не задавать.

Изменяемый объект – это объект, который является расширением неизменяемого объекта, т.е. обладает всеми обязательными атрибутами, которые есть у простого объекта, а также включает множество *состояний*, которые изменяют его атрибуты в процессе воспроизведения сцены:

- множество состояний - множество изменяемых атрибутов объекта, которые есть у данного класса объектов.
- текущее состояние - содержит ссылку (название) на состояние из представленного множества всех возможных состояний.

В описании объектов виртуального мира предметной области "Офтальмология. Проверка зрения" можно выделить следующие изменяемые объекты: "окклюдер", «скиаскоп», "аппарат Рота" и др. Объект «окклюдер» имеет одну и ту же модель и текстуры, следовательно, эти атрибуты у него – постоянные. С другой стороны, по сценарию исследования пациента, окклюдер изменяет свои состояния: сначала лежит на столе, затем находится в руке пациента, затем закрывает левый глаз пациента, затем правый глаз пациента и тд. Кроме того, объект «окклюдер» в течение работы может иметь разные координаты и повороты, которые, соответственно, должны отображаться в его состояниях.

Пример 2. Формальное описание объекта "Окклюдер".

- имя: "окклюдер",
- тип: изменяемый,
- описание: "ручной щиток для прикрытия одного глаза при проверке остроты зрения другого глаза",
- модель: "окклюдер",
- множество состояний: [

«лежит на столе»: {координаты: [1,2,3], повороты: [90,0,0]},

«в руке пациента»: {координаты: [4,5,6], повороты: [45,0,45]},

«в руке пациента, закрывает левый глаз»: {координаты: [7,8,9], повороты: [0, 90, 0]},

«в руке пациента, закрывает правый глаз»: {координаты: [7,8,9], повороты: [0, 90, 0]},

- текущее состояние: «в руке пациента, закрывает левый глаз»...

Составной объект – это объект, который наследуется от изменяемого объекта, обладает всеми его атрибутами и, кроме этого, может содержать *дочерние* объекты, образуя *иерархию*.

Для образования иерархической структуры у родительского объекта должен быть добавлен дополнительный атрибут-указатель на дочерние объекты. Этот атрибут может быть изменяемым (находиться на уровне состояний). У объекта может быть указано несколько дочерних объектов. Дочерние объекты могут быть объектами любых типов. У всех дочерних объектов (или подобъектов) обязательно есть состояния, соответствующие состояниям родительского объекта (могут быть и свои уникальные состояния, но те, которые есть у родительского объекта, должны быть в обязательном порядке). Такая иерархическая связь обеспечивает управление всем сложным объектом, как единым целым. Таким образом, если, например, у родительского объекта изменить состояние, то, «спускаясь вниз» по всем дочерним объектам и находя состояние с таким же названием, которое было выбрано для родительского объекта, будут меняться состояния этого дочернего объекта. В рассматриваемом примере из предметной области "Офтальмология. Проверка зрения" составным объектом является *пациент*. Пациент, с одной стороны, является единым целым объектом, у которого есть координаты в пространстве, модель, набор состояний; с другой стороны – он является составным из нескольких других объектов - частей: руки, ноги, голова и т.д., каждый из которых тоже может быть объектом любого типа (включая составной), и каждый из них имеет те же состояния, что и объект-целое. Пациент в данном примере имеет следующие постоянные атрибуты: модель (не включая модели рук и головы), текстуры, координаты (если он только сидит на стуле, в противном случае, они могут быть изменяемыми).

Пример 3. Формальное описание объекта "Пациент".

- имя: "пациент",
- тип: составной,
- описание: "человек, подвергающийся медицинскому обследованию, наблюдению и/или лечению",
- модель: "человек",
- координаты: [5,10,0],
- множество состояний: [
 - "сидит, руки на коленях, без окклюдера": {...},
 - "сидит, держит окклюдер левой рукой, правая рука на коленях": {...},
 - "сидит, держит окклюдер правой рукой, левая рука на коленях": {...}],
- текущее состояние: «сидит, руки на коленях, без окклюдера»,
- дочерние объекты: ["рука левая", "рука правая", "голова", ...].

Такие части пациента как руки, тоже являются сложными объектами, они тоже имеют дочерний объект "окклюдер" в своих состояниях и описываются следующим образом.

Пример 4. Формальное описание дочернего объекта "Рука левая".

- имя: "рука левая",
- тип: составной,
- описание: "управляемая часть пациента",
- модель: "рука",
- множество состояний: [
 - "сидит, руки на коленях, без окклюдера": {координаты: [1,2,3], повороты: [0, 0, 0]},
 - "сидит, держит окклюдер в левой руке, правая рука на коленях": {координаты: [4,5,6], повороты: [0, 0, 0], дочерний объект: "окклюдер"},
 - "сидит, держит окклюдер в правой руке, левая рука на коленях": {координаты: [7,8,9], повороты: [0, 90, 0]}],
- текущее состояние: «сидит, руки на коленях, без окклюдера»...

Таблица (массив, регулярная структура) – это объект, имеющий линейно (в нескольких измерениях) упорядоченную структуру. Таблица наследуется от изменяемого объекта и расширяет изменяемый объект. Таблица имеет следующие специфические атрибуты:

- строки – ряды элементов,
- картинки - набор шаблонов картинок, соответствующих элементам таблицы.

В рассматриваемом примере из предметной области "Офтальмология. Проверка зрения" присутствует объект *таблица* - «Таблица для определения остроты зрения». Таблица во время исследования находится в одном и том же месте, имеет одну и ту же модель, следовательно - это неизменяемые атрибуты. Текстура для нее генерируется на основе введенных данных (которые также являются неизменяемыми атрибутами на уровне объекта) и является параметром изменяемым, так как может быть освещенной или неосвещенной.

Пример 5. Формальное описание объекта "Таблица для определения остроты зрения"

- имя: "таблица для определения остроты зрения Сивцева",
- тип: таблица,
- описание: "таблица, состоящая из 12 рядов оптотипов «буквы»",
- модель: "плакат",
- координаты: [5, 5, 0],
- строки: [

1-ая строка {элементы: ["буква Ш", "буква Б"], высота: 70 мм},

2-ая строка {элементы: ["буква М", "буква Н", "буква К"], высота: 35 мм},

3-ья строка {...}

...

- картинки: {"буква Ш", "буква Б", "буква М", "буква Н", "буква К", ... }, множество состояний: {"освещена», «неосвещена»},
- текущее состояние: «неосвещена»...

Характеристика действий виртуального мира тренажера

Основное назначение действий – это получение, отображение и передача результатов, связанных с изменением виртуальной среды системы. Действия могут быть следующих основных типов по виду выполнения:

- **Действие командное** – это предписание объектам виртуальной среды произвести какое-либо действие без взаимодействия пользователя с ними, например «взять окклюдер в левую руку», «закрыть левый глаз окклюдером» и т.п.

- **Действие интерактивное** – это такое действие, которое пользователь выполняет сам, через взаимодействие с объектами виртуальной среды, например «включить аппарат Рота», «надеть пробную оправу на пациента» и т.п.

Действия обладают следующим набором атрибутов:

- имя - уникальный идентификатор;
- тип - командное или интерактивное действие;
- описание - эксперт описывает свое представление о действии;
- входные параметры (необязательный атрибут) – описываются дополнительные данные, влияющие на выполнение действия;
- состояния объектов (необязательный атрибут) - описывает множество состояний различных объектов, которые участвуют в действии; если при выполнении действия состояние объекта изменяется, то необходимо описать, какой объект и какое его состояние должно быть выбрано;
- результат (необязательный атрибут) - множество возможных ответов (результатов, "оценок результатов"), которые могут быть получены после выполненного действия и имеющие значение для сценария.

Каждый результат, возвращаемый действием, состоит из двух частей:

- *отображения результата в виртуальной среде* – полученный результат отображается пользователю в виртуальной среде после завершения действия. Например, если пользователь спрашивает пациента, где находится разрыв кольца, тогда отображением результата будет его ответ "сверху", "снизу", "справа" или "слева";
- *оценки результата для сценария, которая* передается для анализа в сценарий обучающих заданий (см. далее) и не отображается пользователю. Например, для интерактивного действия "назвать буквы на 10-ой строке таблицы" оценкой результата для сценария могут быть "видит" или "не видит" пациент буквы на строке таблицы.

Пример 6. Формальное описание действия "Закреть левый глаз окклюдером"

- имя: "закреть левый глаз окклюдером",
- тип: командное действие,
- описание: "при указании данной команды пациент должен закрыть левый глаз окклюдером",
- состояния объектов: {объект: "Пациент", состояние: "левый глаз закрыт"} (при условии, что в модели уже описан объект "Пациент" со всеми состояниями).

Пример 7. Формальное описание действия "Назвать буквы на строке"

- имя: "назвать буквы на строке",
- тип: интерактивное действие,
- описание: «пользователь щелкает мышкой по строке на таблице, чтобы пациент назвал буквы на этой строке»,
- входные параметры: ["номер строки" (число)],
- результат: ["видит", "не видит", "ошибка"].

Формирование сценариев обучающих заданий

При работе с тренажером пользователь должен правильно выполнить обучающее задание и в требуемой последовательности. Для этого должен быть написан сценарий, в соответствии с которым будут проверяться действия пользователя. Сценарий представляет собой граф, в узлах которого находятся

действия, а дуги являются переходами от одних действий к другим. Каждый переход означает возможную альтернативу выбора следующего действия. Переходы могут образовывать циклы (как прямые, так и цепочные).

Выделены следующие виды переходов:

- **Фиксированный переход.**
- **Переход, определяемый результатом действия.**
- **Переход, определяемый условием.**

Фиксированный переход может использоваться для простого упорядочивания последовательности действий (см. рис.2).

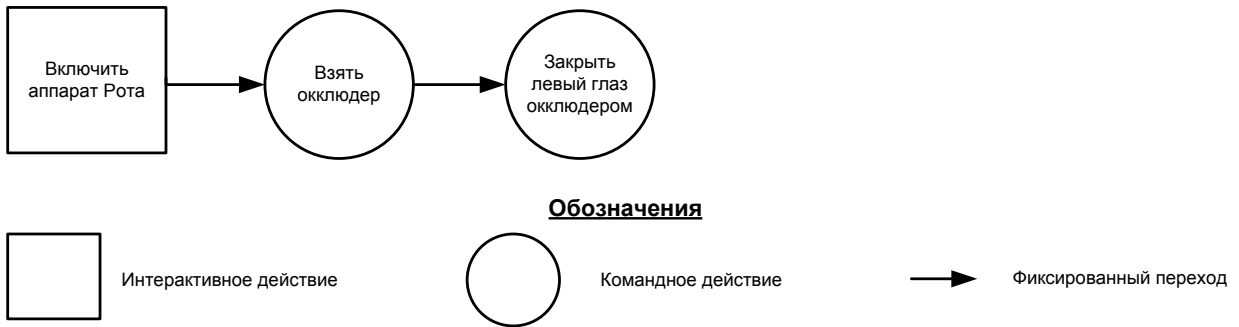


Рис. 2. Фрагмент сценария с фиксированными переходами.

Переход, определяемый результатом действия зависит от полученных результатов выполненных действий. На основе полученного результата для сценария из текущего действия делается решение о переходе к следующему действию. Допустим, по сценарию обучающего задания необходимо проверить, как пациент видит строки таблицы для определения остроты зрения. Для этого пользователь просит назвать пациента буквы на различных строках таблицы и в зависимости от его ответов принимает решение о следующих проверках (см. рис. 3).

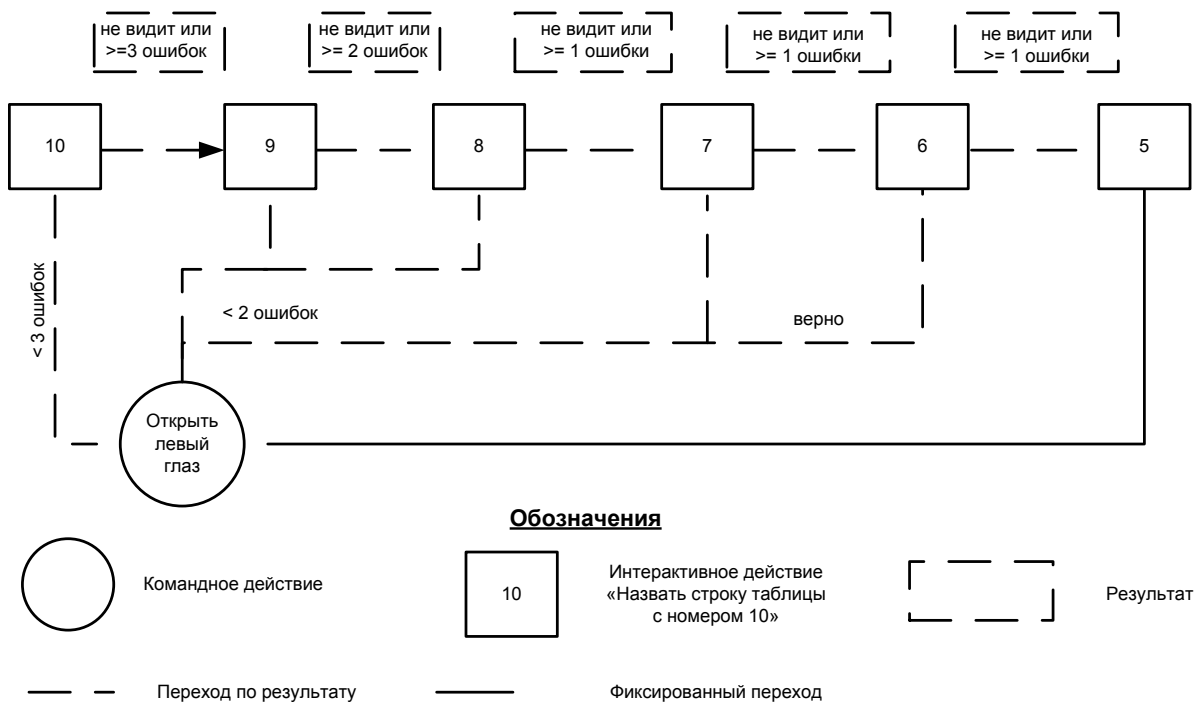


Рис. 3. Пример сценария с переходами по результату ответов пациента.

Переход, определяемый условием. Условие – это структура из трех компонентов:

- атрибут объекта, который проверяется в условии. Например, "оптотип расстояние". Здесь будет проверяться атрибут "расстояние" у объекта "оптотип".
- операция сравнения – это любая логическая операция по сравнению двух величин. Например, такие операции как "больше" (" $>$ "), меньше (" $<$ ") и т.д.
- значение – проверяемая величина, с которой сравнивается атрибут. Данное значение может быть как терминальной величиной, так и вычисляемой.

На рис. 4 представлен пример сценария, который включает переходы по условию. Этот пример является наиболее близким к реальному сценарию. В нем присутствуют все описанные виды переходов между командными и интерактивными действиями.

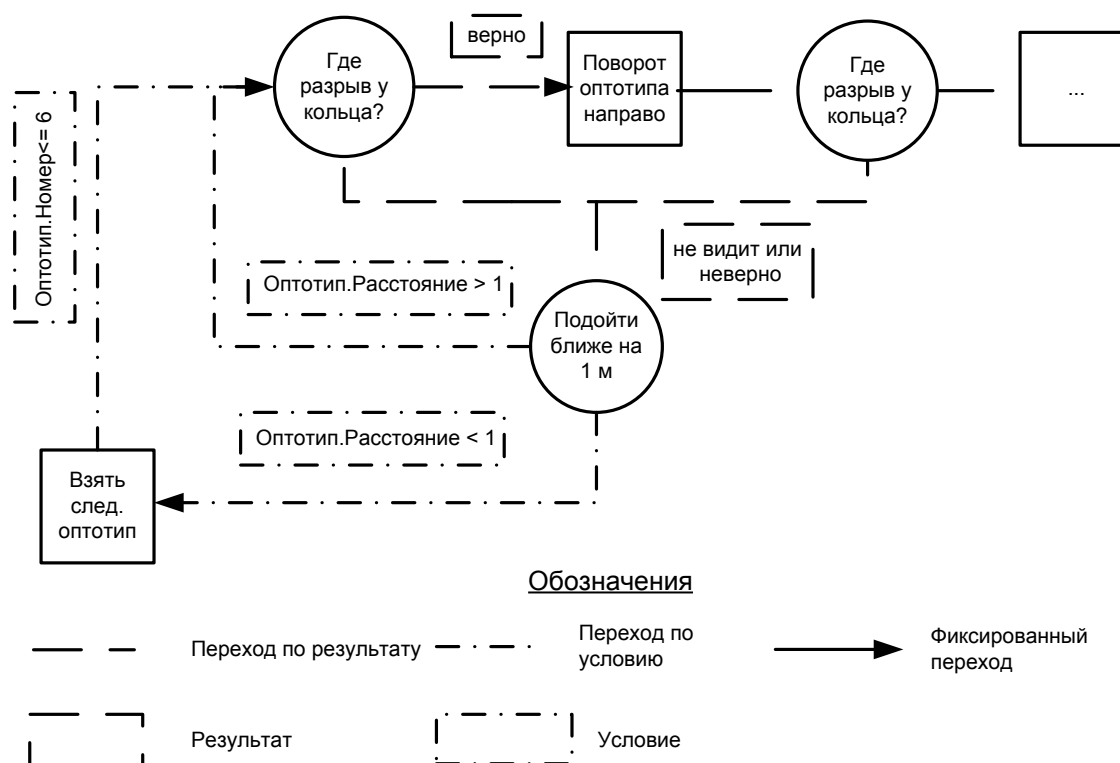


Рис. 4. Фрагмент сценария с различными видами переходов.

Таким образом, описанные переходы дают возможность эксперту моделировать сценарии обучающих заданий любой сложности.

Заключение

В работе представлена модель виртуального мира компьютерного обучающего тренажера. С использованием описанной модели разработана экспериментальная версия компьютерного обучающего тренажера для раздела медицины «Офтальмология», которая подтвердила корректность описания модели. В настоящее время продолжают работы по описанию сценариев для различных методов исследования в офтальмологии на основе представленной модели и их реализация. Компьютерный обучающий тренажер планируется использовать для обучения студентов медицинских вузов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант «Управление сообществами интеллектуальных систем» и ДВО РАН, грант «Разработка теоретических основ инструментальной поддержки проектирования, генерации и отладки диагностических компьютерных тренажеров».

Библиография

1. Гаммер М.Д. Применение компьютерных имитационных тренажеров и систем виртуальной реальности в учебном процессе // <http://cde.tsogu.ru/publ1/>.
2. Мещерякова М.А. Учебный процесс вуза в системе управления качеством профессиональной подготовки врачей. Монография. М.: КДУ, 2006. - 140 с.
3. Шубина Л.Б. Мещерякова М.А., Камынина Н.Н., Уткина Г.Ю. Развитие медицинского образования в условиях инновационной экономики <http://vestnik.mednet.ru/content/view/182/30/>.
4. Филатова Н.Н., Вавилова Н.И. Проектирование мультимедиа тренажеров на основе сценарных моделей представления знаний // Educational Technology S Society 3(4), 2000.- P.193-202.
5. Грибова В.В., Осипенков Г.Н., Сова С.А. Концепция разработки диагностических компьютерных тренажеров на основе знаний // International Book Series "Human Aspectsof Artifical Intelligence". N12. Papers are selected from Proc. of the Intern. Conf. of the Join International Events of Informatics "ITA 2009" (e.TECH-2009), Varna, Bulgaria, 2009. P. 27-33. – Suppl. to the International Journal "Information Technologies & Knowledge". 2009. Vol.32. Sofia, Bulgaria (Inst. of Information Theories and Applications FOI ITHEA)
6. V. Gribova. The concept of an intelligent tool for development of diagnostic computer simulators // Proceedings of First Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC 2010). [Electronic res.]. Vladivostok (Russia), 6-9 September 2010. -Vladivostok: IACP FEB RAS, 2010. - ISBN: 978-0-9803267-3-4 (CD). Pp.63-65.

Информация об авторах



Грибова Валерия Викторовна - д.т.н., зав. лабораторией интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 5 Тел: +7 4232 314 001 E-Mail: gribova@iacp.dvo.ru
Область научных исследований: искусственный интеллект, интеллектуальные системы, пользовательские интерфейсы



Петряева Маргарита Вячеславовна – к.м.н., н.с. лаборатории интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 5 Тел: +7 4232 314 001 E-Mail: margaret@iacp.dvo.ru
Область научных исследований: медицинские экспертные и информационные системы, формализация медицинских знаний.



Федорищев Леонид Александрович – м.н.с. лаборатории интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 5 Тел: +7 4232 314 001 E-Mail: fleo1987@mail.ru
Область научных исследований: искусственный интеллект, виртуальная реальность.



Черняховская Мери Юзефовна – д.м.н., гл.н.с. лаборатории интеллектуальных систем Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 5 Тел: +7 4232 314 001 E-Mail: chernyah@iacp.dvo.ru
Область научных исследований – медицинская информатика