

УДК 621.397.4

В.Р. Роганов<sup>1,2</sup>, А.В. Сёмочкин<sup>2</sup><sup>1</sup> Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия<sup>2</sup> ООО «Консалт Групп», Пенза, Россия

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ В АРМ «ТРЕХМЕРНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ АТЛАС»

Успехи в разработке аппаратно-программных комплексов в настоящее время позволяют создавать мультимедийные учебные пособия нового типа, позволяющие одновременно получать текстовую и аудиоинформацию на нескольких языках с визуализацией части учебного материала. При этом, в последнее время появилась возможность получать не только двухмерные изображения, в том числе и двухмерные проекции трёхмерных объектов визуализации, но и трёхмерные модели изучаемых объектов, воспроизводимые с помощью 3D-индикаторных систем. В последнем случае наиболее часто используются двухканальные системы моделирования визуально наблюдаемого трёхмерного изображения с диспаратными очками. Эксперименты, проведённые под руководством В.Р. Роганова, показали, что в ряде случаев для моделирования трёхмерного визуально наблюдаемого изображения для целей обучения целесообразно использовать безочковые 3D-индикаторы, созданные с использованием зеркальных коллиматоров с «узким» зрачком (на одного наблюдателя) или с «широким» зрачком на группу наблюдателей. Такой подход, в частности, был применён при разработке оптико-аппаратно-программного комплекса «Трёхмерный медицинский атлас». В статье изложены основные принципы создания такого комплекса.

**Ключевые слова:** трёхмерный медицинский атлас, 3D-индикаторы, базы данных, обучающие комплексы, системы подготовки информации.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одним из направлений применения аппаратно-программных комплексов в различных отраслях народного хозяйства является создание интерактивных мультимедийных обучающих пособий, позволяющих максимально использовать современные достижения при создании интерактивных обучающих комплексов. Это тренажеры для подготовки операторов АСУ ТП, выпускаемых ОАО НПП «Круг», и автоматизированные обучающие системы, примером которых могут служить аппаратно-программный комплекс «Интерактивный медицинский атлас» и оптико-аппаратно-программный комплекс «Трёхмерный медицинский атлас». Назначение «Интерактивного медицинского атласа» – заменить Медицинский атлас, издававшийся ранее как книга, на современный аппаратно-программный комплекс, применяемый для оперативного извлечения из баз данных необходимой информации, и дать возможность обучаемому приобретать профессиональные навыки, необходимые медицинскому работнику, позволяя работать со справочной информацией, представленной не только в виде текстовых данных, но и

в виде голосовых сообщений и визуально наблюдаемых трёхмерных сцен с исследуемыми органами, или работать с аппаратно-программными комплексами для частичной замены проведения обучающих занятий в анатомическом театре.

**Анализ последних исследований.** Существует несколько подходов в разработке трёхмерного медицинского атласа, каждый из которых обусловлен определённой гипотезой о том, как наиболее целесообразно применять такой комплекс:

1) использование возможностей стандартного аппаратно-программного комплекса, называемого еще «Персональным компьютером» для хранения и вызова как текстовой, так и визуальной информации в виде двухмерных проекций (фотографий или изображений, синтезированных по правилам трёхмерной машинной графики) для предоставления обучаемому определённого набора сведений об изучаемом органе;

2) использование возможностей стандартного аппаратно-программного комплекса, оснащенного дополнительно подсистемой моделирования визуально наблюдаемого трёхмерного изображения с качеством, аналогичным качеству при просмотре

соответствующего органа в анатомическом театре;

3) использование возможностей стандартного аппаратно-программного комплекса, оснащенного дополнительно подсистемой моделирования визуально наблюдаемого трёхмерного изображения с качеством, аналогичным качеству при просмотре соответствующего органа в анатомическом театре, и системой воспроизведения аудио- и видеозаписей, что позволяет, рассматривая трёхмерную модель изучаемого органа в объёме, дополнительно слушать необходимую информацию на одном из допустимых языков и рассматривать видеофрагменты.

Разработкой аппаратно-программных комплексов, которые можно классифицировать как «Мультязычный трёхмерный медицинский атлас», занимается достаточно много фирм. Как правило, они пытаются использовать для создания иллюзии наблюдения трёхмерного изображения за счет использования одной из составляющих человеческого зрения, получившей название диспаратность. В этом случае необходимо использовать два канала передачи данных (каждый необходим для воспроизведения на экране формирования промежуточного изображения отдельно изображения для левого глаза и отдельно изображения для правого глаза) и диспаратные очки (их назначение – отсечь лишнюю информацию, для левого глаза это то, что должен видеть правый глаз, и, наоборот, для правого глаза отсечь то, что должен видеть левый глаз, в литературе такие очки называют часто стереочки). Исследования показали, что диспаратность – доминирующая составляющая человеческого зрения (имеется ещё конвергенция и аккомодация) и получить иллюзию наблюдения трёхмерной модели с ее помощью, наиболее просто, но в то же время наиболее дорого. Часто успешно пытаются создать эффект объемности за счет движения на темном экране модели рассматриваемого органа, созданного или методом съемки с помощью видеокамеры, или методом машинной графики, или комбинацией этих методов.

В тренажёростроении, в частности, при обучении пилотов летательных аппаратов процессу визуальной посадки на взлетно-посадочную полосу применяют ещё один способ моделирования трёхмерного изображения, основанного на использовании конвергенции и аккомодации, а именно использование безочковых 3D-индикаторов, разработанных с использованием зеркальных коллиматоров. Эффект наблюдения возникает при появлении на экране формирования промежуточного изображения моделей подвижных объектов. Просмотр их через зеркальный коллиматор заставляет глаз человека настроиться на «взгляд в бесконечность». Далее, наблюдая за перемещением модели, зрительный аппарат человека позволяет, как и в случае с двухканальными системами и диспаратными очками, создать иллюзию наблюдения трёхмерного объекта. И в случае с диспаратными системами, и в случае с системами с зеркаль-

ными коллиматорами, при выполнении определённых условий у человека возникает устойчивая иллюзия наблюдения за трёхмерными объектами с формированием при этом профессиональных навыков определения глазомером расстояния до видимых объектов.

Рассмотренные системы моделирования трёхмерного изображения имеют ряд недостатков.

При использовании машинной графики часто появляется «эффект мультипликации» когда разработчики непроизвольно приукрашивают модели органов, или неправильно задают их размеры (в частности, модель сердца, разработанная в ПензГУ, недопустимо вытянута вдоль оси). В большинстве случаев под термином «Трёхмерный медицинский атлас» известны мультимедийные продукты, позволяющие наблюдателям работать с двухмерными проекциями трёхмерных органов. Это сделано в связи попытками устранить «лишние» узлы, в частности два канала моделирования изображения или зеркальные коллиматоры. Известны попытки инженеров, работающих в фирмах, разрабатывающих авиационные тренажеры (ОАО НПО «Эра», ОАО ПКБМ, группа ТРАНЗАС, канадский концерн CAE, франко-английский концерн TOMSON CSF) внедрить, разработанные ими системы моделирования трёхмерного изображения в медицину, и, в частности, при выполнении работ по медицинскому атласу нового поколения, но их желание (неоднократно озвученное на конференциях EVA) не приводило к практическим результатам из-за невозможности использования недорогих безочковых 3D-индикаторов. Кроме того, разработанные ими 3D-индикаторы дороги (только отпускная цена безочкового 3D-индикатора производства ОАО НПП «Эра», или ОАО «ПКБМ» превышает \$15000 США).

Вместе с тем, сейчас наметились прорывные решения, дающие основание надеяться на появление в ближайшем будущем доступных по цене 3D-индикаторов хорошего качества. В частности речь идет о разработках ООО «Видео3» (г. Пенза).

**Формулировка цели.** Целью данной статьи является исследование положения дел с разработками, позволяющими максимально быстро внедрить оптико-аппаратно-программный комплекс «Трёхмерный медицинский атлас» для подготовки медицинских работников.

## Изложение основного материала

Если представить «Трёхмерный медицинский атлас» как оптико-аппаратно-программный комплекс, ориентированный на воспроизведение по запросу пользователя в виде функционала

$$F(\text{O}, \text{D}, \text{A}, \text{V}, \text{3D}, \text{W}),$$

где O - текстовая информация; D - двухмерные иллюстрации; A - аудиозапись; V - фрагменты видеопленки; 3D - 3D-модель, воспринимаемая зри-

тельным аппаратом человека как реальный трёхмерный орган, то при его разработке необходимо уделить внимание влиянию каждого модуля:

- модулю оптики  $F_1(\dot{O}, \dot{D}, V, 3D)$ ;
- аппаратной части  $F_D(\dot{O}, \dot{D}, \dot{A}, V, 3D)$ ;
- модулю ПО  $F_P(\dot{O}, \dot{D}, \dot{A}, V, 3D)$ ;
- системе подготовки информации для данного комплекса  $F(W)$ ,

на получение итого результата – создания дружелюбной среды для интерактивного общения обучаемого с рассматриваемым комплексом, обеспечивающего максимальное усвоение получаемой информации за минимальное время.

Изложенные в данной статье результаты были получены авторами при проведении исследований:

1) макетных образцов безочковых 3D-индикаторов «РЭЛЛИ» и «СВЕТЛАНА/15/м», ориентированных на использование в качестве дополнительного оборудования стандартной эндоскопической стойки с целью обеспечить для хирургов лучшие возможности для диагностики;

2) проведения работ от создания визуальных баз данных до имитатора визуальной обстановки пилотажного авиационного тренажёра обучения профессиональным навыкам визуальной посадки на палубу авианосца «Адмирал Кузнецов» (разработка ПО «Эра» (г. Пенза));

3) проведения работ от создания визуальных баз данных до имитатора визуальной обстановки пилотажного авиационного тренажёра обучения навыкам дозаправки топливом летательного аппарата в воздухе (разработка ОАО «ПКБМ» (г. Пенза));

4) проведения работ по созданию визуальных баз данных для обучения профессиональным навыкам пилотирования летательных аппаратов во время взлета-посадки на реалистичную модель аэродрома имени Дж. Кеннеди (г. Нью-Йорк) (разработка канадской фирмы CAE (г. Монреаль));

5) инициативных исследований возможности использования безочковых 3D-индикаторов и специализированных систем подготовки информации (включая разработку 3D-сканера) для создания мультимедийных учебников для обучения и поддержания профессиональных навыков у медицинского персонала.

Исследования модуля оптики  $F_1(\dot{O}, \dot{D}, V, 3D)$  показали:

1. При использовании двухканальных систем с диспаратными очками и при использовании безочковых 3D-индикаторов работать с текстовой информацией практически невозможно из-за появления негативных ощущений (в том числе головной боли). Следовательно, для работы с текстовой документацией необходимо использовать обычный монитор, подключенный к аппаратно-программному комплексу.

2. Исследования воздействия на человека модели трёхмерного изображения (проводимые с использованием аппарата ДИАБАТ производства ОАО «Старт» (г. Пенза) и получившего все необходимые сертификаты применимости по оценке работоспособности человека по методу доктора Фоля) показали, что при использовании диспаратных очков человек-наблюдатель быстро устает. Кроме этого, необходимо формирование двух изображений отдельно для левого и отдельно для правого глаза, что в итоге приводит к усложнению аппаратуры для подготовки видеосюжетов и моделирования объемного изображения. Более приемлемым вариантом является использование одноканальных, безочковых 3D-индикаторов, позволяющих воспроизводить модели, воспринимаемые зрительным аппаратом как объёмные.

3. Для просмотра двухмерных иллюстраций целесообразно использовать обычный монитор, подключаемый к аппаратно-программному комплексу.

Исследования модуля программного обеспечения  $F_P(\dot{O}, \dot{D}, \dot{A}, V, 3D)$ , обеспечивающего функционирование всего комплекса, и системы подготовки  $F(W)$  для него информации показали, что:

1. При разработке СУБД извлечения необходимой информации по запросу пользователя целесообразно ориентироваться на уже хорошо зарекомендовавшие себя пакеты прикладных программ, дополнительно ориентированные на работу с облачными.

2. При разработке пользовательского меню необходимо учитывать менталитет медицинских работников.

3. При использовании пакетов прикладных программ машинной графики необходимо убирать «эффект мультипликации», когда разработчики произвольно приукрашивают модели органов или неправильно задают их размеры (в частности, модель сердца разработки ПГУ очень вытянута вдоль оси). Возможности пакетов прикладных программ позволяют пропорционально увеличивать или уменьшать моделируемые органы. Это не всегда улучшает условия для обучения медицинских работников: масштаб моделирования исследуемого органа должен быть определен Заказчиком. Наиболее целесообразно использовать любые видеоизображения, полученные с использованием фотоаппаратов и видеокамер, снимающих реальные объекты в анатомическом театре.

При формировании единого информационного пространства за счет  $\Omega_i$  информационных потоков, поступающих к обучаемому от  $i$ -х источников информации ( $i = 1, \dots, M$ ), где  $M$  – общее число используемых источников информации, должно выполняться условие

$$\Omega_i \cap \Omega_j \neq 0, \quad (1)$$

$i \in M \quad j \in M, i \neq j$

На практиці виникають рассогласования. Это является следствием разработки отдельных модулей независимо от других, что проявляется, например, как несвоевременное звуковое сопровождение видеофрагмента, или

$$\Omega_i \cap \Omega_j = 0. \quad (2)$$

$i \in M \quad j \in M, i \neq j$

Устранение этих негативных явлений возможно несколькими способами. Достаточно часто два и более модулей формируют информационные потоки по разным алгоритмам  $A_i$  и  $A_j$ . При этом эти модули используют разные базы данных, так как опыты показывают, что создать глобальную базу данных невозможно.

В случае, если отдельные базы данных обрабатываются обязательно разными модулями, несмотря на то, что эти базы данных внешне отличаются друг от друга, в них имеется информация об одних и тех же функциональных свойствах рассматриваемого органа, которые обязаны быть отражены в информационных потоках  $\Omega_i$  и  $\Omega_j$  от  $i$ -го и  $j$ -го имитаторов, так как в совокупности они формируют виртуальную реальность с определяемой разработчиком степенью достоверности.

Тогда для устранения (2) целесообразно добиться выполнения (1) на небольшом временном интервале  $\Delta t$ , когда в начальный момент времени все информационные потоки синхронизированы, и при работе всего комплекса за время  $\Delta t$  не успевают появиться расхождения, заметные обучаемому.

В случае обработки разными устройствами своих локальных, но содержащих общие части баз данных, можно разработать функции  $F_{2i}$ ,  $F_{2j}$ ,  $F_{3i}$ ,  $F_{3j}$ , для которых

$$B = F_{2i}(B_i), \quad B = F_{2j}(B_j),$$

или для общих подмножеств

$$b_i = F_{3i}(B_i), \quad b_j = F_{3j}(B_j),$$

с выполнением условия

$$b_i \cap b_j \neq 0. \quad t_f(i) = t_0 - t_m(i)$$

и продолжить в дальнейшем процесс обучения на интервале

$$[t_m(i), t_m(i+1)]$$

с другими управляющими воздействиями.

## Выводы

1. При разработке АРМ «Обучающий оптико-аппаратно-программный комплекс», примером которых может служить «Трёхмерный медицинский атлас», необходимо добиваться синхронизации всех информационных потоков, поступающих к обучаемому от отдельных модулей комплекса на интервале  $\Delta t$  от начала просмотра конкретного видеофрагмента. Отличительной особенностью интервала  $\Delta t$  является расхождение функциональной информации о рассматриваемом органе в пределах допустимых величин, не вызывающих у обучаемого чувства отторжения данного АРМ.

2. При использовании двухканальных систем с диспаратными очками и при использовании безочковых 3D-индикаторов работать с текстовой информацией практически невозможно из-за появления негативных ощущений (в том числе головной боли).

3. При разработке АРМ «Трёхмерный медицинский атлас» необходимо параллельно разработать систему подготовки баз данных, ориентированную на менталитет медицинского работника

## Список литературы

1. Роганов В.Р. Методы формирования виртуальной реальности / В.Р. Роганов. – Пенза, ПензГУ, 2002. – 127 с.
2. Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии: монография / В.Р. Роганов, А.А. Казанцев, А.М. Бабич и др. – Пенза; Москва: Приволжский Дом знаний; МИЭМП, 2012. – 132 с.
3. Михеев М.Ю. Информационно-структурные модели тренажёров выработки профессиональных навыков вождения транспортных средств / М.Ю. Михеев, В.Р. Роганов // XX век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – Пенза: Пенз. гос. технол.универс., 2013. – С. 69-78.
4. Интерактивный 3D-атлас анатомии человека Стойлера, все части. – Interaktive atlas David W. Stoller.
5. Сайт [biodigitalhuman.com](http://biodigitalhuman.com) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.biodigitalhuman.com/home>.
6. Сайт [webtun.com](http://webtun.com) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webtun.com/google/1013-bodybrowser.html>.

Поступила в редколлегию 1.08.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Урнёв, Пензенский государственный технологический университет, Пенза.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ В АРМ «ТРИВИМІРНИЙ МЕДИЧНИЙ АТЛАС»

В.Р. Роганов, О.В. Сьомочкін

Успіхи в розробці апаратно-програмних комплексів в даний час дозволяють створювати мультимедійні навчальні посібники нового типу, що дозволяє одночасно отримувати текстову і аудіоінформацію на декількох мовах з візуалізацією частини навчального матеріалу. При цьому, останнім часом з'явилася можливість отримувати не тільки двовірні зображення, в тому числі і двовірні проекції тривимірних об'єктів візуалізації, але і тривимірні моделі досліджуваних об'єктів, відтворювані за допомогою 3D-індикаторних систем. В останньому випадку найбільш часто використовуються двоканальні системи моделювання візуально спостережуваного тривимірного зображення з диспаратними очками. Експерименти, проведені під керівництвом В.Р.Роганова, показали, що в ряді випадків для моделювання тривимірного візуально спостережуваного зображення для цілей навчання доцільно використовувати безочкові 3D-індикатори, створені з використанням дзеркальних коліматорів з «вузькою» зіницею (на одного спостерігача) або з «широкою» зіницею на групу спостерігачів. Такий підхід, зокрема, був застосований при розробці оптико-апаратно-програмного комплексу «Тривимірний медичний атлас». У статті викладені основні принципи створення такого комплексу.

**Ключові слова:** тривимірний медичний атлас, 3D-індикатори, бази даних, навчальні комплекси, системи підготовки інформації.

## INFORMATION FLOWS IN THE "THREE-DIMENSIONAL MEDICAL ATLAS" COMPLEX

V.R. Roganov, A.V. Semochkin

*Advances in hardware and software systems currently allow you to create multimedia tutorials of new type, supplying simultaneous reception of text and audioinformation in multiple languages with visualization of the training material. Thus, recently it has become possible to obtain not only two-dimensional images, including two-dimensional projection of the three-dimensional object imaging, but also three-dimensional models of the objects reproduced using 3D-indicator systems. In the last case, the most commonly used two-channel simulation system visually observed three-dimensional images with disparity points. Experiments carried out under the guidance of V.R. Roganov shown that in some cases, three-dimensional visual simulation of the observed image for training appropriate to use glasses-free 3D-indicators using mirror collimators with a " narrow" pupil (per observer) or "broad " pupil (by a group of observers). This approach, in particular, has been applied in the development of optical hardware-software complex "Three-dimensional medical atlas". The article describes the basic principles of creating such a complex.*

**Keywords:** *Three-dimensional medical atlas, 3D-indicator , database , training center, training system information.*