

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра инженерной психологии и эргономики

**Г. В. Лосик, К. Д. Яшин**

***ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ***

Методическое пособие к практическим занятиям  
по дисциплине «Когнитивная графика»  
для студентов специальности 1-58 01 01  
«Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий»  
всех форм обучения

Минск БГУИР 2012

УДК [004.923+159.94](076.5)  
ББК [32.973.26-018.2+88.4]я73  
Л79

**Р е ц е н з е н т:**  
заведующий кафедрой инженерной графики  
учреждения образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук,  
доцент В. А. Столер

**Лосик, Г. В.**

Л79

Информационные системы трехмерной визуализации: метод. пособие к практич. занятиям по дисц. «Когнитивная графика» для студ. спец. 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» всех форм обуч. / Г. В. Лосик, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2012. – 43 с.

ISBN 978-985-488-765-4.

В пособии приведены сведения из области разработки системотехнических устройств, обеспечивающих трехмерное представление образных данных, визуальное предъявление их человеку и управление этими системотехническими средствами, а также задания по формированию практических умений, навыков.

Материал пособия изложен в соответствии с рабочей учебной программой по дисциплине «Когнитивная графика».

**УДК [004.923+159.94](076.5)  
ББК [32.973.26-018.2+88.4]я73**

**ISBN 978-985-488-765-4**

© Лосик Г. В., Яшин К. Д., 2012  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Создание простейших систем трехмерной визуализации образной информации .....	4
2 Создание эффекта простейшего стереопсиса .....	6
3 Создание эффектов присутствия и взаимодействия .....	8
4 Средства отображения информации компьютерных тренажеров .....	11
5 Сканирование трехмерных сцен и предметов для систем виртуальной реальности .....	13
6 Органы управления компьютерных тренажеров .....	15
7 Создание модульной структуры компьютерного тренажера .....	18
8 Оценка стереопсиса системы отображения информации.....	21
9 Оценка автоматизированного рабочего места со стереоскопической визуализацией данных для архитектора.....	24
10 Оценка простейших компьютерных тренажеров медико-биологического назначения.....	25
11 Логика разработки интернет-магазина с трехмерной визуализацией товара .....	28
12 Создание простейших компьютерных тренажеров для управления транспортом .....	30
13 Эргономическая оценка атомно-силового микроскопа .....	32
14 Оценка геокосмической информации.....	34
15 Создание простейшего стереоскопического компьютерного тренажера для МЧС.....	36
16 Трекеры (датчики) для обеспечения 3D-визуализации .....	39
Литература .....	41

## Введение

Данное методическое пособие предназначено для формирования у студентов знаний, умений и навыков в области разработки системотехнических устройств, обеспечивающих трехмерное представление образных данных, визуальное предъявление их человеку и управление этими системо-техническими средствами с помощью движений головы, руки, педалей. Системы когнитивной графики и трехмерной визуализации используют принципы образного предъявления человеку информации, аналогового управления динамикой образов и зрительных сцен.

### 1 Создание простейших систем трехмерной визуализации образной информации

*Цель:* формирование практических умений по созданию простейших систем трехмерной визуализации образной информации.

#### 1.1 Теоретические сведения

В учебном процессе обучаемому сообщается как текстовая, так и образная информация. Под текстовой информацией понимаются сведения, которые передаются в виде знаков, символов, текста. Под *образной информацией* понимаются сведения о форме предмета, его текстуре, цвете, кинематике предметов окружающей его действительности. Значительная часть образной информации передается в учебном процессе методом наглядности, как динамической, так и статической. Образная информация дает знания не только о форме предметов, но и о пространственном расположении предмета на сцене совершаемых действий. Примеры образной информации: наглядные пособия, муляжи, макеты на уроках физики, математики; образцы натуральных биологических тканей и организмов в биологии, медицине; металлорежущий инструмент, образцы дерева, металла, пластмассы, картона и другое. Образная информация нужна в учебном процессе, чтобы у обучаемого формировались образы новых объектов, предметов.

*Компьютерным тренажером* называется система формирования навыков на основе предъявления образной информации. Тренажеры с трехмерной визуализацией образной информации позволяют формировать три вида когнитивных навыков: сенсорный, моторный и интеллектуальный. Такие тренажеры получили название *тренажеры виртуальной реальности* (VR). В тренажер VR обязательно входят система отображения информации (модуль СОИ) и органы управления (модуль ОУ). Кроме того, в тренажере может быть модуль, определяющий уровень сформированности навыка, а также модуль, записывающий ход обучения и модуль задания алгоритма обучения (интеллектуальный модуль).

СОИ – это, например, экраны, дисплеи, тактильные и звуковые предъявители информации, стереошлемы. *Органы управления* (ОУ) обеспечивают регистрацию моторной информации, которая поступает от человека в тренажер, команд от человека, которые в интерактивном режиме меняют сцены восприятия. Примеры органов управления в тренажере: джойстик, геймпад, трекер.

Если в тренажере ВР отсутствует интеллектуальный модуль, то такая система становится лишь диагностической, но не обучающей. Если в тренажере ВР отсутствуют одновременно два последних модуля, то такая система становится *автоматизированным рабочим местом* (АРМ). Здесь, например, архитектор, может создавать модели знаний, но контроль за ходом формирования у студента навыка и умений система не производит. Для системы ВР принципиально важен интерактивный режим работы СОИ в паре с ОУ. Под *интерактивностью* понимается способность системы трехмерной визуализации (СОИ) мгновенно, без задержки менять визуальную картину в ответ на действия ОУ системы.

### 1.2 Порядок выполнения работы

1 Создать образец трехмерной визуализации информации компьютерного тренажера лоцмана водного катера. Для этого необходимо: ознакомиться с тренажером «Лоцман водного катера»; научиться запускать систему, научиться пользоваться меню «Установки».

2 Создать образец трехмерной визуализации образной информации с использованием АРМ. Для этого необходимо ознакомиться с АРМ хирурга при планировании ортопедической операции. Для освоения системы АРМ хирурга планирования ортопедической операции нужно научиться пользоваться меню «Установки».

3 Создать собственный образец СОИ трехмерной визуализации образной информации для диагностических компьютерных систем. Пример такой системы: диагностическая система «Змейка Шепарда». Она диагностирует уровень умения совершать сличение двух пространственных зрительных образов. Чтобы ознакомиться с системой «Змейка Шепарда», нужно научиться запускать систему, пользоваться ее меню «Установки».

4 Построить *структурно-логическую схему* (СЛС) по теме «Создание простейших систем трехмерной визуализации образной информации». Примером может быть следующая СЛС.

СЛС-1

Текстовая информация – это...
Образная информация – это...
Тренажер виртуальной реальности – это...
Пять модулей образуют тренажер, а именно:
Интерактивность – это свойство...
Диагностическая система ВР не имеет модуля...
АРМ как система ВР не имеет модулей...
Системы ВР формируют три когнитивных навыка...

### 1.3 Контрольные вопросы

1 Какие СООИ применяются в рассмотренных тренажерах, АРМ, диагностической системе?

2 Какие ОУ задействованы в рассмотренных тренажерах, АРМ, диагностической системе? Какое количество ОУ задействовано в тренажере логмана?

3 Чем отличается АРМ от тренажера с точки зрения выполнения ими тех или иных функций для человека?

4 В чем отличие диагностической системы ВР от АРМ и от тренажера ВР?

5 Диагностику какого психологического параметра выполняет программа «Змейка Шепарда»? Как количественно регистрируется в компьютере и анализируется параметр быстроты и точности сличения человеком двух образов?

## 2 Создание эффекта простейшего стереопсиса

*Цель:* формирование практических умений по созданию эффекта простейшего стереопсиса.

### 2.1 Теоретические сведения

Стереопсис – это ощущение глубины пространства, которое возникает у человека благодаря несходству двух изображений, передаваемых двумя глазами в мозг. Для создания в мозге человека ощущения стереопсиса компьютер должен подавать в каждый отдельный глаз двумерное изображение. Непосредственно трехмерное изображение из персонального компьютера не передается человеку. Компьютер при подаче человеку трехмерной модели по необходимости делает ее ракурс виденья двумерным, создаст две несколько разные картинки для правого и левого глаза, причем двумерные. Поэтому существуют технические сложности стереоскопического предъявления визуальной информации о трехмерной форме предмета и о динамике передачи восприятия зрительной системе человека.

С использованием эффекта стереопсиса сконструировано рабочее место фотограмметриста в статическом режиме изображения. Ощущение глубины пространства сцены, трехмерности объекта и сцены – лучше регистрируются мозгом для тех предметов, которые находятся близко от глаз человека. Стереопсис слаб для удаленных предметов, например, на расстоянии более 100 м.

У человека может наблюдаться патология стереопсиса. В офтальмологии говорят «ленивый глаз». Из-за слабой моторики одного глаза человек начинает плохо воспринимать глубину пространства. Патология стереоскопического восприятия глубины пространства называется амблиопией. С помощью тренажеров можно лечить амблиопию и упражнять развитие стереопсиса.

Более ярко стереопсис проявляется у человека в динамике видеосцены, чем при рассмотрении статических фотографий. Возможны три компьютерные технологии создания стереопсиса с помощью компьютерных устройств: через стереомонитор, стереозэкран, стереошлем. Но самым актуальным является режим стереопсиса в шлеме виртуальной реальности, где и сцена, и объ-

ект меняют интерактивно позицию. Именно в этом случае «оживают» рефлекс человека.

При создании стереопсиса на основе монитора человек обычно находится в стереочках сине-красного, поляризационного или затворного типа. На занятии используется стереомонитор StereoPixel с поляризационными очками, а также обычный монитор с сине-красными очками. При создании стереопсиса с помощью настенного экрана одно и то же изображение могут наблюдать несколько человек. Они также находятся в стереочках. При использовании шлема VR эффект стереопсиса проявляется наиболее сильно. На занятии используется шлем i-Glasses-Pro. Отметим, что все три указанные технологии могут создавать стереопсис как со статическими, так и динамическими видеосценами.

## *2.2 Порядок выполнения работы*

1 Создать стереопсис в статическом режиме по двум фотографиям. Для этого необходимо ознакомиться с программой для стереомонитора StereoPixel; изготовить собственную пару фотографий объекта путем фотографирования близкого предмета с помощью мобильного телефона из двух ракурсов; поместить стереопару фотографий в программу; научиться создавать стереопсис, используя свои фото, которые необходимо сохранить в компьютере для отчета.

Эффект стереопсиса наблюдается на стереомониторе StereoPixel через поляризационные очки.

2 Создать стереопсис в зрительной системе в динамическом режиме по двум видеопотокам AVI. Для этого необходимо научиться загружать программу стереоплеера для проигрывания динамических сцен, устанавливать режимы драйвера видеоплаты.

Эффект стереопсиса наблюдается на мониторе StereoPixel через поляризационные очки.

3 Создать стереопсис в интерактивном режиме в системе виртуальной реальности. Для этого следует ознакомиться с программой Alatar и научиться менять установки в окне «Setting». При просмотре видеофильма Alatar, когда появится на экране звездолет, с помощью джойстика освоить систему интерактивного управления объектом-звездолетом. Освоить управление эффектом присутствия и взаимодействия, приближая свой взор к экрану монитора StereoPixel.

4 Построить СЛС по теме. Примером может быть следующая СЛС.

Стереопсис – это...  
 Стереопсис лучше проявляется, если предмет...  
 Патология стереопсиса называется...  
 Стереопсис создается тремя техническими способами, а именно  
 а)  
 б)  
 в)  
 На практическом занятии используется шлем ВР марки...  
 На практическом занятии используется стереомонитор марки...

### 2.3 Контрольные вопросы

- 1 Какова технология создания стереопсиса по двум фотографиям и по двум видеофильмам?
- 2 Можно ли создать стереокино, исходя из трехмерных моделей объектов и сцен в 3DMax путем создания двух видеофильмов?
- 3 В чем достоинство третьей технологии создания стереопсиса, а именно: с помощью стереошлема, путем интерактивного действия на сцену и на объект в отличие от первых двух технологий, с помощью монитора и экрана?
- 4 В чем может проявляться патология стереопсиса у человека?
- 5 Когда стереопсис сильнее, при близком или далеком от предмета расположении точки зрения человека?

## 3 Создание эффектов присутствия и взаимодействия

*Цель:* формирование практических умений по созданию эффекта присутствия и взаимодействия.

### 3.1 Теоретические сведения

*Эффект присутствия* – это субъективное чувство, возникающее у человека при трехмерной стереоскопической визуализации реальной сцены компьютером, создающее у человека иллюзию присутствия в этой сцене.

*Эффект взаимодействия* – это субъективное чувство, возникающее у человека при стереоскопической визуализации предметного действия рукой с помощью перчатки ВР, создающее у человека иллюзию соответствующего реального действия.

Чтобы возник эффект присутствия в системе виртуальной реальности, нужно соблюдение трех технических требований. Во-первых, задержка времени перерисовки компьютером сцены после ее изменения трекером зрения или джойстиком должна быть малой. Во-вторых, для моделирования воздействия руки на предмет ее направление движений вправо, влево, вверх, вниз, в глубину в объемном пространстве должно строго однотипно передаваться на экране. Нельзя искажать угол, направление движения руки и передачу этого движения на экране. Это делает неестественным «виденье» своей моторики на экране. В-третьих, пиксельное разрешение дисплеев должно быть большим, чтобы уси-



ливать эффект присутствия так, чтобы, например, листва, трава, текстура дерева, стен приобретали вид сфотографированных, а не смоделированных из полигонов 3D-поверхностей. В итоге появляется эффект присутствия.

Двумерные системы визуализации отображают все данные одинаково детализовано. В то же время человек не может, да ему, как правило, и не нужно сосредотачиваться на всех данных. Человек обычно работает с какими-то определенными данными из всего множества ему доступных. В этом случае трехмерная визуализация оказывается незаменима. В реальном мире мы все привыкли к тому, что объекты вдалеке становятся меньше, и, следовательно, менее детализованными. Манипулируя естественным для человека понятием глубины, мы можем удалять менее значимые данные, показывая одновременно их большее количество, а более значимые в меньшем количестве, но более детально – размещать в непосредственной близости от наблюдателя. При этом пользователь может сам выбрать уровень детализации, удаляя или приближая объекты. Тем самым пространство экрана монитора будет использоваться более эффективно, причем правила расположения данных диктует сама природа.

Итак, восприятие трехмерных стереосцен позволяет человеку понять и производить «фильтрацию» необходимой информации по важности и актуальности на данный момент. Глаз даже при наличии глубины объекта произвольно и легко сосредотачивает взор на близкой плоскости. В глаза не попадают детали периферии сцены, которые находятся в глубине.

Помимо задачи работы с текстурной информацией существует такая же, а быть может, даже более важная задача поиска одного объекта среди множества, т.е. его распознавание, или навигация. В трехмерных визуализациях данных мы используем врожденную способность человека узнавать объемные образы, что позволяет сделать распознавание объекта более быстрым. На основе воссоздания эффекта присутствия и 3D-визуализации возможны тренажеры по устранению фобий: разрабатывается тренажер по предотвращению боязни лектора публично выступать.

Стереоскопическая визуализация необязательно всегда дает для смотрящего дополнительное удобство по сравнению с двумерной визуализацией. Появление стереоскопического эффекта и ощущения перспективы даст выгоду только в четырех следующих случаях, а в остальных случаях указанный эффект необязателен:

- 1 Когда перерисовку сцены смотрящий организует сам. Например, когда на голове смотрящего имеется шлем виртуальной реальности с трекером и когда повороты головы, изменение направления взора мгновенно перерисовывают сцену. В этом случае говорят об интерактивном режиме взаимодействия человека с видеосценой, о появлении эффекта взаимодействия и эффекта присутствия. Эти эффекты не возникают при двумерной визуализации трехмерного предмета.

- 2 Когда видеосцена представляет собой не сплошное текстурное 3D-изображение, а на ней изображены явные или потенциальные твердые трехмер-

ные предметы, с которыми можно совершать трехмерные операции вращения, приближения. В этом случае говорят о появлении эффекта «предметности» восприятия.

3 Когда видеосцена состоит из текстурного широкомасштабного изображения, но автор визуализации имеет намерение «выпятить» на переднем центральном плане экрана некоторый участок текстурного полотна. Непроизвольно зрительное внимание смотрящего в этом случае не будет «размыто» по всему экрану, а сосредотачивается в его центре.

4 Когда интерактивная перерисовка сцены смотрящим отсутствует, но нужно привыкнуть к сцене, адаптироваться к видению ее, и это есть главная цель. Например, когда ставится цель с помощью тренажера устранять фобии у людей, (боязнь публично выступать, боязнь высоты), приучать к видению чрезвычайных ситуаций (пожар, стихийное бедствие).

В иных же случаях достаточно двумерного представления трехмерного предмета на двумерном экране (дисплее). Этот вывод подтверждается и теорией зрительного восприятия человека.

### 3.2 Порядок выполнения работы

1 Создать и изучить факторы, создающие ощущение присутствия и взаимодействия. Для этого необходимо: ознакомиться с компьютерной программой «Экскурсия на катере»; освоить управление взором, которое начинает работать не в позиции «отдаленной» или «с биноклем», а лишь в позиции «за штурвалом». Оценить отличие управления точкой взора и управления объектом; оценить эффект присутствия, а также эффект взаимодействия; помнить о том, что в режиме экскурсии создается только эффект присутствия, но не взаимодействия. Качка на волнах, бортовой наклон катера на поворотах только усиливают эффект присутствия. Но эффект взаимодействия в режиме экскурсии не проявляется, ибо нет штурвала, нет качки, нет стереопсиса, нет воздействия на вестибулярную систему человека.

2 Усилить эффект присутствия и взаимодействия путем наращивания декораций в компьютерном тренажере.

3 Составить СЛС. В качестве примера следует взять следующую схему

СЛС-3

Эффект присутствия – это...
Эффект взаимодействия – это...
Для возникновения эффекта присутствия необходимы три технических условия, а именно: а) б) в)
Ощущение перспективы принципиально важно только в четырех случаях, а именно:
а)
б)
в)
г)
Фобии – это...

### 3.3 Контрольные вопросы

- 1 Почему эффект присутствия и взаимодействия сильнее в режиме «управления катером», чем в режиме «управление полетом вертолета»?
- 2 Почему ранее, при прежнем развитии компьютерной техники, эффект присутствия и взаимодействия не мог быть реализован на компьютере?
- 3 Какой из двух эффектов – эффект присутствия или эффект взаимодействия – труднее реализовать технически на компьютере?
- 4 В каких случаях текстурные изображения могут, а в каких не могут вызывать свойство «предметности» восприятия у смотрящего?
- 5 Приведите примеры фобий, которые можно пытаться устранить у человека путем многократного предъявления ему эффекта присутствия в соответствующих сценах?

## 4 Средства отображения информации компьютерных тренажеров

*Цель:* формирование практических умений настройки и работы со средствами отображения информации компьютерных тренажеров.

### 4.1 Теоретические сведения

Стереoeffект первоначально создавался путем использования двухцветных очков. На смену этому методу пришел метод вертикальной и горизонтальной поляризации света, поступающего в правый и левый глаз человека. Стереoeffект может быть создан и третьим способом – с помощью шлема виртуальной реальности. В нем в разные глаза подаются несколько разные изображения за счет двух мониторов, отдельных для каждого глаза.

Поляризация с точки зрения эргономики оказалась лучшим методом, чем метод фильтрации двух цветов. Выпускаются стереомониторы, в которых стереoeffект достигается без очков. Поверхность экрана покрыта вертикальными полуцилиндриками, которые позволяют в пространстве зрения смотрящего создавать два разных изображения для двух глаз человека. Наконец, комната виртуальной реальности в виде шести экранов-стен – это особый технический вариант средств отображения информации. В такой комнате человек может свободно ходить, манипулировать руками, ногами, туловищем в пределах комнаты. В комнате могут находиться несколько человек.

Для того чтобы определить, какой вариант СОИ взять для тренажера (монитор, экран или шлем ВР), следует знать, сколько одновременно обучающихся будут работать. Например, если в тренажере одну и ту же сцену в любой момент должны видеть два и более участников, то следует выбирать экран (два пилота, два пожарных). Когда важно полностью изолировать от внешней среды обучающегося, следует выбирать шлем ВР. Во всех остальных случаях в качестве СОИ может быть выбран монитор.

В настоящее время стереоэкраны настенного типа широко используются для организации «экскурсий» по городу, залам музея. В экскурсии используется видеозапись стереокино, но не 3D-модели объектов.

#### 4.2 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с образцами средств отображения информации: стереошлемом, стереомонитором StereoPixel, стереомонитором Zalman, стереомонитором Philips, а также стереоэкраном для подачи изображения на стену комнаты виртуальной реальности. Ознакомиться с идеей поляризации света.

2 Ознакомиться со стереоэкраном для подачи изображения на стену.

3 Ознакомиться с очками для поляризации света.

4 Ознакомиться с образцом шлема VR, а именно, с i-glasses-PRO. Для этого установить параметры адаптера видеоплаты компьютера 16 бит, 60 Гц, 400x600. Подключить шлем к компьютеру с видеоплатой серии QADRO, включить шлем и компьютер, запустить демонстрационную программу.

5 Составить СЛС по теме. В качестве примера можно взять следующую схему.

СЛС-4

Стереозэффект на компьютере можно создать тремя техническими способами, а именно:

а)

б)

в)

Стереомониторы бывают двух типов, а именно:

а) с поляризационными очками;

б) без использования очков.

Комната VR – это...

Если стереосоИ должны в тренажере видеть два и более человек, то применяется СОИ типа...

#### 4.3 Контрольные вопросы

1 Какой из стереомониторов является более точным в передаче видеоизображения: StereoPixels, Zalman, Philips?

2 Какова причина использования поляризационных и двухцветных стереочков в мониторе?

3 Почему в поляризационных очках используется как горизонтальная, так и вертикальная поляризация света?

4 Если стереомонитор Philips создает без очков два изображения впереди экрана, то будет ли сохраняться в восприятии человека стереопсис при наклонах головы вправо-влево.

5 Какие цвета обедняются в изображении при использовании синекрасных очков?

6 Все ли возможные варианты направления взора может дать смотрящему экскурсия с фотографическим созданием видеоизображений?

7 Присутствует ли эффект взаимодействия с объектом в режиме «экскурсия»?

## 5 Сканирование трехмерных сцен и предметов для систем виртуальной реальности

*Цель:* формирование практических умений по сканированию трехмерных объектов.

### 5.1 Теоретические сведения

Под сканированием 3D-объектов понимают создание их геометрической модели «поверхностной оболочки». Поверхность 3D тела воссоздается обычно множеством «Полигонов». Если поверхность объекта сканируется, то объект не снимается на стереокино, а в СОИ подается вид модели объекта, а не фото. *Сегментацией* сосканированной информации называется математическая операция выделения объекта из фона. Например, рентгеновские многослойные снимки костей человека обрабатываются, чтобы ткани мышц, сосудов, нервов не были в изображении, и только после такой сегментации компьютер строит 3D-модель поверхности кости.

При сканировании объекта присутствуют три системы: объект, его фон и сканирующая система. Объект может быть в разной степени удаленным и доступным для входных датчиков или сенсорных рецепторов сканирующей системы. Поэтому у нее могут быть разные алгоритмы и точность сканирования информации об объекте.

Первый уровень доступности объекта представляет собой случай, когда объект находится на большом расстоянии от сканирующей системы. Система может его видеть или слышать, но не может дотрагиваться до него, применять изучающие воздействия. Движущийся объект будет относиться к первому уровню доступности, если он совершает свое движение или трансформацию формы. В случае первого уровня доступности сканер сканирует лишь форму, т. е. внешний вид объекта.

В зависимости от обстоятельств объект может поворачиваться разными сторонами к рецепторам сканера, который может, оставаясь на месте, изучить обратную сторону объекта. При других обстоятельствах объект неподвижен и сканерная система сама совершает «обход» вокруг объекта, своими рецепторами или датчиками сканирует форму объекта с иных сторон. Таков принцип изучения формы объектов 3D-сканерами. Так или иначе, но в первом рассматриваемом случае сканерная система по своей инициативе не воздействует отрицательно на объект, а придерживается метода неразрушающего контроля. Так человек воспринимает в пассивном режиме мимику, жесты собеседника.

Разработаны лазерные сканеры с функцией определения удаленности до твердой поверхности предмета. Источник лазерного излучения направляет луч на точку поверхности, луч отражается и, меняя свои физические параметры, возвращается в приемник. Таким образом, отраженный лазерный луч искажением своих физических параметров кодирует удаленность до предмета. Достоинство луча – точность. Луч можно направлять. Недостатки – луч не отражается от воды, вязкой поверхности.

Появились методы сканирования твердых поверхностей путем наведения на поверхность двух видеокамер с разных точек зора. По несходству двух видов одной и той же поверхности (по стереопаре) математическая программа вычисляет «глубину», т. е. удаленность. Достоинство этих методов в возможности узнавать «рельеф» облаков, дыма. Недостаток в том, что они сложны в математическом плане.

### 5.2 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться со стереопарами снимков Земли из космоса. Для этого использовать компьютерную систему «АРМ фотограмметриста». Меняя положение визира в глубину, убедиться, что по стереопаре можно узнать глубину рельефа местности.

2 Изучить с помощью компьютерной системы «Кость и рентген» этапы сканирования и сегментации рентгеновской информации для построения 3D-модели кости. Для этого загрузить в систему один из наборов послынных снимков.

3 Составить СЛС по теме. В качестве примера можно взять следующую схему.

СЛС-5

Сканирование 3D-предмета – это... Сегментацией называется операция... Первый уровень доступности объекта для сканирования – это... Второй уровень доступности – это... Недостаток лазерного луча тот, что... Стереопара при сканировании двумя видеокамерами – это...
--

### 5.3 Контрольные вопросы

1 Можно ли лазерным методом сканировать форму облака, удаленность от поверхности воды?

2 Можно ли с применением двух видеокамер сканировать форму пламени, форму поверхности воды, водяной капли?

3 В чем суть операции сегментации? Объединяет ли она общее количество информации в сосканированном изображении? Обедняется ли информация о поверхности отсегментированной кости?

4 В каких системах ВР нет необходимости сканировать объект? За счет чего в них создается стереопсис?

5 Можно ли аналогично слоям рентгена сегментировать слои снимков ядерно-магнитной резонансной томографии и выделять в мозге 3D-поверхности областей мозга?

## 6 Органы управления компьютерных тренажеров

*Цель:* формирование практических умений создания органов управления компьютерных тренажеров.

### 6.1 Теоретические сведения

Для создания эффекта присутствия в тренажере достаточно стереопсиса, качественной передачи текстуры, детализации объектов, реалистичности их формы. Но для создания в тренажере эффекта взаимодействия нужно моделировать воздействие руки на отдельный предмет, на рули и кнопки. Эту задачу решают разные типы перчаток виртуальной реальности, рули, геймпады, джойстики. Для регистрации движений ног при ходьбе существуют панели, движущиеся дорожки. Меняя положение головы, туловища в пространстве, человек с помощью трекера перерисовывает в целом всю сцену. Трекер направления взгляда, движения глаза также является, таким образом, своеобразным ОУ. Но с помощью этого типа ОУ на тренажере у человека формируется только перцептивные навыки, ликвидируются фобии, идет привыкание к 3D-сценам. Однако у человека моторные навыки руки от этого типа ОУ не формируются.

Поэтому для тренажеров многих профессий в области медицины, управления транспортом, торговли, работы на станках, тушения пожаров, спорта, кулинарии, каллиграфии письма, шитья необходимы, кроме трекеров, соответствующие ОУ для регистрации движений руки. Чтобы определить, какие нужны ОУ для тренажеров, перечислим *виды навыков*. Для тренажеров ВР представляют интерес навыки трех видов: *перцептивные (сенсорные)*, например, навык измерить удаленность или наклон, навык распознать предмет, дорожный знак и отличить один от другого; *моторные (поведенческие)*, например, навык писать буквы, косить косой, исполнять аккорды на фортепиано; *интеллектуальные (мыслительные)*, например, навык логически думать, принимать решение, играть в шахматы, командовать на поле боя.

Рассмотрим виды тренажеров в зависимости от видов навыков. Тренажеры ликвидации фобий оказались эффективными, так как трехмерная визуализация эффективнее по сравнению с двумерной визуализацией. Она эффективна благодаря эффекту присутствия даже без эффекта взаимодействия. Тренажеры с более сложной трехмерной визуализацией создают эффект не только присутствия, но и взаимодействия, на тренажере становится возможным формирование навыка. Рассмотрим детальнее *виды навыков*, каждый из которых имеет свою отличную специфику формирования на тренажере.

*Навык вождения транспортного средства:* для обучения этому навыку используется стереомонитор. В этом тренажере компьютер несет большую нагрузку, так как его процессору нужно совершать быструю перерисовку сцены с очень малой задержкой во времени. Управление перерисовкой исходит от руля и педали транспортного средства. Для формирования навыков вождения, совершения поворотов, заднего и переднего ходов, торможения – не принципиально изображение реальных дорог и ландшафтов. Здесь допускается мульти-

пликация сцен, замена их вымышленными. Движение наземного транспорта совершается только вправо-влево, вперед-назад; нет движения вверх-вниз, что упрощает перерисовку. Поэтому для формирования навыка не нужен 3D-манипулятор, достаточно джойстика. Собственное движение туловища человека не влияет на перерисовку, поэтому трекер направления взгляда здесь не нужен.

Тренажер вождения *катера* допускает большую задержку в перерисовке сцены от момента поворота штурвала. В отличие от автомобильного в этом тренажере компьютеру приходится воспроизводить наклон корпуса катера на поворотах, качку катера на волнах.

В тренажере управления скоростным *самолетом* пилот находится перед широкопанорамным стереозэкраном. Чтобы создать эффект взаимодействия, задержка в перерисовке видеосцены должна быть очень малой. Навык прицельно стрелять: обучающийся в стереошлеме; тренажер формирует моторный навык нажатия на курок, навык наводки ствола оружия на цель. Навык нажимать в строгой последовательности кнопки в трехмерном пространстве, включать блоки, получая обратно информацию о том, что блок включился. Примером может служить навык подготовки к полету вертолета, включения многоблочной радиостанции, управление диспетчером с пульта движением поездов. Цепь последовательных включений кнопок разбивается на звенья в зависимости от сенсорных, моторных и смысловых характеристик каждого нажатия. Обучение может быть в виде длинного сквозного сюжета или разбиваться на обучение отдельным звеньям.

*Навигация* – это перемещение человека с одного места в трехмерном пространстве сцены на другое, умело минуя препятствия на пути. Например, это тренажер движения в лабиринте. Для формирования навыка навигации должна рассматриваться конкретная местность, к ее виду человек должен привыкнуть. В тренажере вводится понятие эталонного пути, а путь испытуемого оперативно сравнивается с эталонным, находится рассогласование и в виде обратной связи сообщается испытуемому. Интегральный показатель степени несходства эталонного пути и его реализации в трехмерном пространстве и с учетом скоростной динамики вычисляется математически. Здесь разработчик тренажера может руководствоваться самыми разными критериями. В любом случае в компьютер для длительного хранения должна производиться запись каждой очередной реализации пути, чтобы спустя много сеансов обучения появлялась возможность применить тот или иной математический критерий для оценки прогресса или регресса навыка навигации.

Моторный навык руки управлять отдельным предметом нужно отличать от навыка быстро и прицельно направлять взор в ту или иную точку видеосцены. Моторный навык руки формируется при наличии виртуальной перчатки в тренажере. Рука-перчатка с предметом находится близко к глазам, поэтому эффект стереопсиса здесь существенен. Примером может служить тренажер для хирурга по обучению работе со скальпелем, тренажер оператора атомно-силового микроскопа.



Формирование мыслительного навыка в «чистом виде» в тренажере бывает редко. Чаще этот навык формируется в тренажере в совокупности с иными навыками (перцептивным, моторным). Например, тренажер для командира по обучению ведению танкового боя, командира подразделения пожарных в ситуации ликвидации пожара. Навык диспетчера аэропорта связан с умением распределять внимание, оперативно принимать решение, оставаться эмоционально устойчивым в многоальтернативной ситуации поведения.

Любые ОУ для тренажеров виртуальной реальности одновременно могут использоваться и для АРМов, диагностических систем виртуальной реальности. Но в последних случаях требования к их точности могут быть не столь высокими, как для формирования навыков.

### 6.2 Порядок выполнения работы

1 Создать элементы ОУ компьютерными тренажерами с использованием трекера направления взора. Для этого используется инфракрасный трекер Ictreak и программа тренажера «Лоцман катера».

2 Создать элементы ОУ компьютерными тренажерами с использованием геймпада. Для этого используется 12-клавишный геймпад и программа тренажера автовидения.

3 Создать элементы ОУ компьютерными тренажерами с использованием трекера и геймпада одновременно. Для этого в тренажере «Лоцман катера» заменяются установки управления от клавиатуры на управление от трекера и геймпада.

4 Составить СЛС по теме. В качестве образца взять следующую схему.

СЛС-6

Органы управления тренажером служат для создания эффекта... Трекер направления взора обеспечивает... Перчатка ВР обеспечивает... Джойстиком называется устройство... Трекер поворотов туловища регистрирует... На тренажерах формируются навыки трех видов, а именно... Навигацией называется...
--

### 6.3 Контрольные вопросы

1 Какие виды навыков могут формировать тренажеры?

2 Почему для формирования моторных навыков необходимы специальные органы управления в тренажерах?

3 Какие существуют технические виды органов управления для тренажеров виртуальной реальности?

4 Почему правомерно считать трекер направления взора органом управления в тренажере? Как трекер управляет перерисовкой видеоизображения в on-line режиме?

5 В каком случае будет лучше формироваться навык вождения лоцмана катера, при использовании клавиатуры или трекера и джойстика?

## 7 Создание модульной структуры компьютерного тренажера

*Цель:* формирование практических умений по созданию модульных структур компьютерных тренажеров.

### 7.1 Теоретические сведения

Тренажер образных навыков содержит пять основных модулей: модуль системы отображения информации – обеспечивает предъявление человеку стереоизображения  $S$ ; модуль приема реакций человека  $R$  – обеспечивает регистрацию ответа и управление перерисовкой; модуль измерения ошибки человека в  $\Delta R$ ; модуль хранения истории хода обучения; интеллектуальный модуль – обеспечивает управление репликами (рисунок 7.1).

Проектируя модуль СОИ, следует выбрать инженерный вариант СОИ (монитор, экран, шлем ВР). Здесь следует решить, какой список 3D-объектов заранее должен быть в виде моделей в банке объектов тренажера.

Проектируя модель ОУ, следует выбрать инженерный вариант ОУ, решить, через какой ОУ ученик будет управлять объектом, а через какой ОУ – сценой. Далее следует определить, сколько вариантов реакций ( $R$ ) будет регистрироваться, какая их природа, с какой точностью во времени и пространстве будет регистрироваться моторика ученика.

Проектируя модуль вычисления ошибки ( $\Delta R$ ), следует определить, что будет пониматься под ошибкой – метрологическая неточность или ошибка принятия решения учеником по группе категорий, т. е. ошибка как матрица спутывания. Следует решить, будет ли измеряться знак ошибки, амплитуда, с какой точностью.

Проектируя интеллектуальный модуль, следует определить, чем он будет руководствоваться, когда будет задавать новый стимул на вход, проанализировать реакцию на предыдущий стимул. Следует решить, при каких значениях  $\Delta R$  тренажер будет завершать сеанс работы.

Рассмотрим в качестве примера, как можно совершать декомпозицию (разбиение) сложного навыка перемещения на местности на составные частные навыки.

Навык перемещения на местности формируется при жизни. При этом в памяти формируется образ маршрута, его типичных и нетипичных участков.

Мышление идущего человека проверяет воспроизведение маршрута из памяти в опорных точках, корректирует ход перемещения. Например, движение по лабиринту требует памяти и образного мышления, чтобы исключить тупиковые шаги. В ходе перемещения на местности зрение человека распознает сцену, сравнивает ее со сценой ожидаемой. Человек определяет точки собственного местонахождения в данный момент.

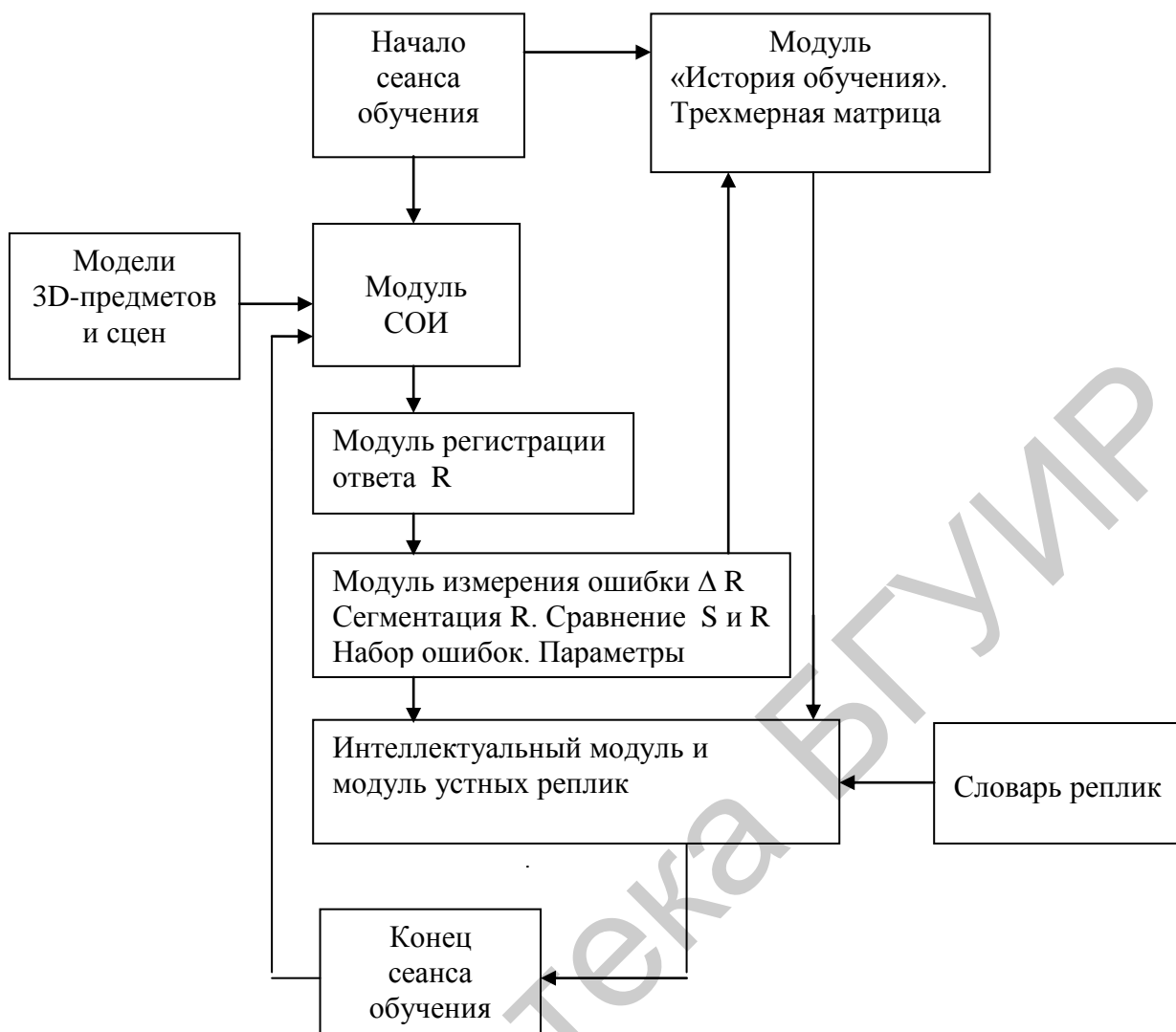


Рисунок 7.1 – Состав модулей тренажера и схема их взаимосвязей

### 7.2 Порядок выполнения работы

1 Разработать модульную структуру собственного тренажера, выделить и пояснить функции отдельных модулей, обосновать выбор алгоритма для работы интеллектуального модуля проекта.

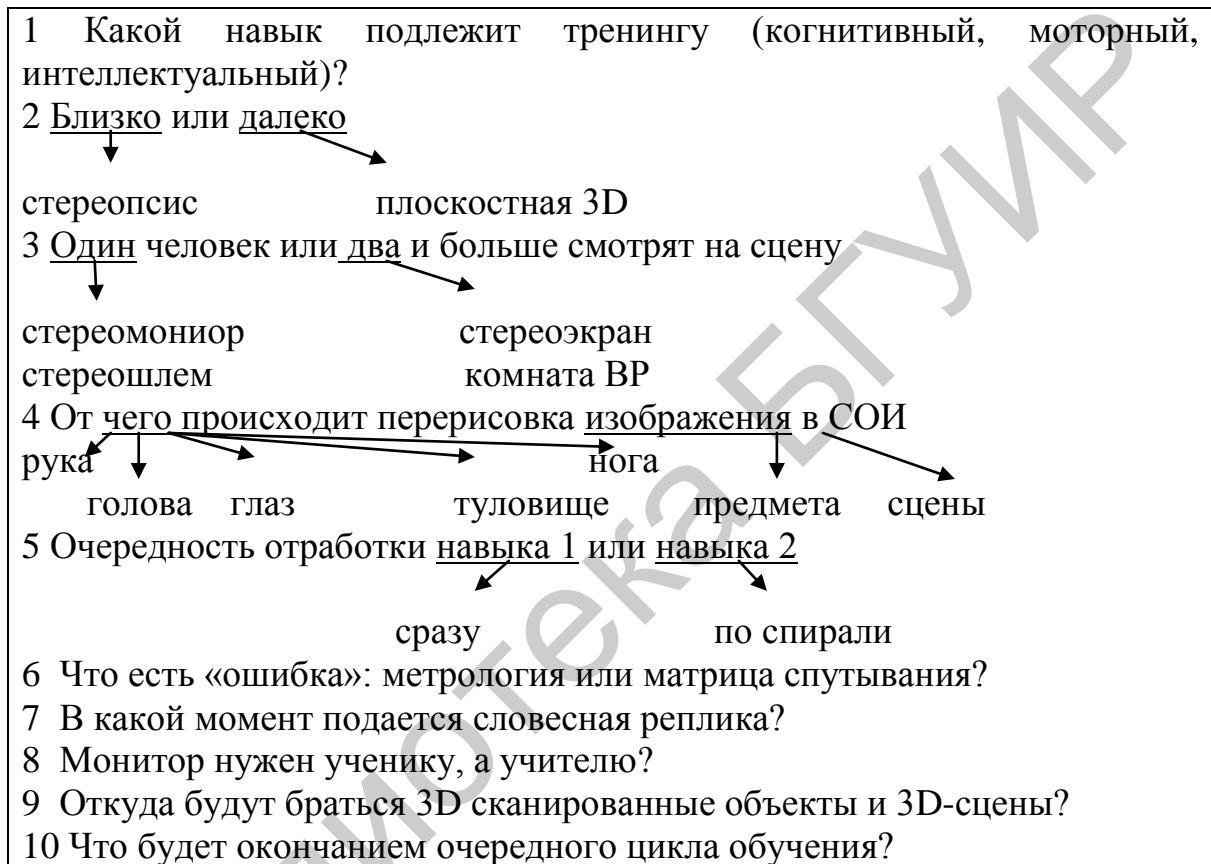
2 Сконструировать алгоритм и разработать модульную схему компьютерного тренажера по обучению повторения движения объекта, продемонстрированного на экране. Последовательность разработки следующая. Выбрать для тренажера компьютерную программу, которая загружает трехмерную географическую карту. На карте задается эталонный маршрут. В компьютер закладывается ответный путь. По двум трехмерным кривым ищется и рассчитывается близость их между собой. Точность измерения, амплитуда ошибки и знака определяется от интеллектуального модуля.

3 Сконструировать алгоритм и разработать модульную схему компьютерного тренажера по обучению мыслительной функции обобщения. В качестве признаков обобщения следует взять, например, удаленность предмета, его раз-

мер, форму, ориентацию в пространстве, овальность и угловатость формы. В памяти компьютера есть таблица предметов и признаков. Генератор случайных чисел выбирает один «лишний» предмет. Затем подбирается еще четыре предмета, общие по иному признаку. На экран выдается пять предметов в 3D-пространстве; следует определить, какой предмет лишний.

4 Составить СЛС процесса проектирования тренажера для формирования у человека конкретного навыка. Для образца можно взять следующую схему.

СЛС-7



### 7.3 Контрольные вопросы

- 1 Сколько вариантов значения R будет в тренажере?
- 2 С какой точностью будет регистрироваться R (мс, пиксели)?
- 3 Будет ли введенная в персональный компьютер реакция R сразу обрабатываться и сообщаться испытуемому  $\Delta R$  или она будет отсрочена?
- 4 Будет ли каждое ответное  $R_i$  соотноситься с предъявленным  $S_i$  и будет ли пара запоминаться в модуле «история»?
- 5 Каков будет диапазон значений  $\Delta R$ ? Будет ли ошибка иметь знак + и -?
- 6 Будет ли  $\Delta R$  иметь регистрацию амплитуды или только направление? Сколько уровней амплитуды  $\Delta R$  планируется отслеживать?
- 7 В виде какой устной реплики будет поступать ученику сообщение об ошибке?

8 Что будет запоминаться в тренажере в модуле «история»? Эта матрица должна быть трехмерной: спектр ошибок, амплитуда каждой ошибки, время сеанса обучения.

9 Что будет брать интеллектуальный модуль из матрицы «история», чтобы руководить продолжением обучения?

10 Будет ли в тренажере матрица «спутываний», в которой будет храниться частота ошибочных замен?

11 Будет ли использоваться многомерное шкалирование? Будет ли запоминаться матрица многомерного шкалирования?

12 При каком условии тренажер окончит работу?

13 Что является окончанием каждого цикла обучения? Что и в каких файлах останется на винчестере после завершения сеанса обучения?

## **8 Оценка стереопсиса системы отображения информации**

*Цель:* формирование практических умений по оценке эффекта стереопсиса системы отображения информации.

### *8.1 Теоретические сведения*

Для оценки качества стереопсиса имеются специальные методики оценки того, насколько разработанный стереодисплей или стереоэкран успешно создает для смотрящего эффект стереопсиса, т. е. чувство перспективы. Во-первых, это метод многомерного шкалирования (МШ). Он позволяет проверить факт, что 3D-визуализация в конкретном случае эргономичнее 2D-визуализации. Вводится понятие матрицы попарных субъективных расстояний каждого предъявленного предмета друг с другом. Эта методика, кроме того, позволяет узнать, какой признак и в какой степени влияет на модуль матрицы расстояний. Увеличение модуля матрицы означает увеличение качества стереопсиса, который возникает от данной 3D-визуализации.

Вторая методика – классическое измерение реакции на движущийся объект. Для этого проводится психологический эксперимент, когда испытуемый на 2D- и 3D-дисплеях дает нажатием на клавишу реакцию на движущийся шарик. Третья методика – быстрота формирования и разрушения «динамического образа». Испытуемый привыкает 3 – 5 минут следить за синусоидально движущейся целью. Слежение идет от управления «мышки» рукой. Далее, синусоидально движущаяся цель убирается с экрана и испытуемый некоторое время должен по воображению повторять движение по синусоиде. То, как долго и точно он будет повторять синусоиду, может говорить о качестве эффекта стереопсиса у 3D-дисплея.

С помощью этих методов можно сравнивать 2D-монитор с 3D-стереомонитором. Для других целей можно сравнивать стереомониторы разных конструкций между собой на силу в них стереопсиса.

Рассмотрим, как измерить методом многомерного шкалирования улучшение визуализации при переходе на мониторе от 2D- к 3D-визуализации, как

доказать экспериментально, что 3D-визуализация в конкретном случае предпочтительнее 2D-визуализации. Введем понятие матрицы субъективных расстояний как набора хорд в многомерном шкалировании.

Матрица баллов имеет вид:

$$\begin{matrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & \dots \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & \dots \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & \dots \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} & d_{45} & \dots \\ d_{51} & d_{52} & d_{53} & d_{54} & d_{55} & \dots \\ \dots & \dots & & & & \dots \end{matrix}$$

Берется для предъявления человеку набор из 8 – 12 предметов. Предварительно испытуемый имеет возможность увидеть все предметы одновременно. Задача: оценить их различие/несходство по шкале в баллах от 0 до 9, 9 – максимально отличаются. Объекты предъявляются попарно на мониторе 2D в различных сочетаниях. Всего 66 пар, если предметов 12. Признаки, по которым ищется отличие в паре, испытуемый определяет самостоятельно. В итоге получаем матрицу баллов. Затем проводим повторный эксперимент по МШ с одними и теми же предметами, но со стереоскопическим монитором. Сравниваем две матрицы и результаты обработки. По результатам обработки видим, какой признак и в какой степени влияет на матрицы, на оси.

В качестве примера рассмотрим матрицу величины попарных различий между стимулами. В первом столбце указаны номера стимулов.

1)	.0											
2)	2.4	.0										
3)	3.0	1.4	.0									
4)	5.1	3.0	1.4	.0								
5)	6.0	3.4	2.3	1.3	.0							
6)	4.9	3.8	1.5	1.9	1.1	.0						
7)	5.8	5.4	4.4	2.9	2.4	2.6	.0					
8)	7.0	5.8	4.1	2.6	2.5	2.6	1.6	.0				
9)	6.1	5.9	4.9	3.8	2.4	2.9	1.8	1.0	.0			
10)	7.4	5.8	4.3	3.5	2.8	2.5	1.1	.9	1.6	.0		
11)	7.4	6.1	4.9	3.1	3.8	3.1	2.3	1.3	1.0	.9	.0	
12)	7.9	7.3	6.1	5.8	4.9	5.3	2.8	2.8	2.0	2.6	1.8	.0

## 8.2 Порядок выполнения работы

1 Овладеть методикой многомерного шкалирования на примере шести объемных предметов. Для предъявления предметов парами на мониторе 2D и затем на стереомониторе используется компьютерная программа «2 змейки в 3D». Она формирует после шкалирования матрицу с баллами на рабочем столе компьютера. Матрица готова для последующей ее обработки программой «Statistic».

2 Овладеть методикой обработки матрицы многомерного шкалирования с применением программы «Статистика». Она имеется на рабочем столе. В ней следует найти раздел «Обработка многомерных данных», а в нем подраздел «Многомерное шкалирование» («Multi dimensional Scyling»).

3 Составить СЛС по теме. В качестве примера взять следующую схему.

СЛС-8

1 Оценить качество стереопсиса монитора можно по одной из трех методик, а именно:

а) многомерное шкалирование (МШ);

б) РДО;

в) «Динамический образ»

Матрица субъективных расстояний – это...

Модуль матрицы

субъективных расстояний – это...

2 Эксперимент по МШ проводится два раза на 2D-мониторе и на 3D-мониторе с тем расчетом, чтобы...

3 Когда испытуемому предметы предъявляются парами, то по инструкции он должен по девятибалльной шкале оценить...

4 Компьютерная программа «2 змейки в 3D» служит для...

### 8.3 Контрольные вопросы

1 Какой из рассмотренных на занятии стереомониторов является более точным в передаче видеоизображения?

2 За счет какой информации о форме выбранных для опыта предметов их различие кажется большим при просмотре их в стереорежиме?

3 Правильно ли считать, что различие двух плоских предметов не увеличивается при замене их предъявления с 2D-монитора на стереоскопическое предъявление?

4 Убедитесь, рассмотрев конкретно в вашем опыте в полученных матрицах, балльное различие пары (например, 2-го и 3-го, 5-го и 6-го) предметов, что величина элемента  $3d_{23}$  матрицы стерео больше величины элемента  $2d_{23}$  матрицы от плоского монитора.

5 Убедитесь, что модуль матрицы оценок предметов со стереомонитора в вашем опыте оказался большим, чем модуль матрицы от плоскостного предъявления.

## **9 Оценка автоматизированного рабочего места со стереоскопической визуализацией данных для архитектора**

*Цель:* формирование практических умений по созданию трехмерной визуализации данных в автоматизированных рабочих местах для архитектора.

### *9.1 Теоретические сведения*

Имеются две особенности работы архитектора на компьютере с 3D видеосценами. Во-первых, в режиме «экскурсия» АРМ архитектора служат для создания и испытания эргономичности рабочих зон в здании. Имеется в виду проверка удобства передвижения человека по коридорам здания, использования лифта, лестницы, ступеней межэтажных лестниц, функционирования дверей в здании. Во-вторых, архитектор на компьютере проводит анализ 3D-видеосцен для математической их обработки. При этом проводится анализ 3D-чертежей геометрии зданий архитектором.

На компьютере по трехмерным моделям проводится расчет внутренних напряженностей, изгибов, старения строительных конструкций, расчет типа материала, расчет внешней аэродинамики зданий. Проводится расчет вибро- и сейсмоустойчивости зданий, мостов, башен.

В трехмерном макете здания возможно моделирование естественного и искусственного освещений для работников и посетителей здания. В АРМе архитектора важен вопрос, когда для работы АРМа применима анимация элементов здания, а когда применимо сканирование в 3D-архитектуре. Так, например, считается, что стены, потолки могут быть анимированы. В то же время натуральность текстуры, цвета стен, пола, потолка необязательна. Но мебель, аксессуары должны быть натуральных пропорций, текстуры, цвета, поэтому обычно предметы, размещаемые внутри помещений, не анимируются, а сканируются видеокамерой. В АРМе архитектора создаются архивы 3D-отсканированных предметов для внутренности здания. Здесь для создания архивов применимы суперкомпьютеры, например, семейства Скиф, мощные серверы, архивы моделей музейных скульптур.

В АРМе для архитектора в качестве ОУ используется шлем виртуальной реальности или колесико манипулятора «мышь». Именно шлем в АРМе архитектора дает полномасштабное большое изображение внутренних пространств здания. Имеется аналогия между перемещением по странице книги читающего и архитектора – по виртуальной модели здания. Шлем, как и при чтении книги, когда движение взора по строчкам текста с остановками, возвратами, позволяет архитектору «мыслить» при последовательном осмотре здания. С помощью АРМ архитектор на компьютере из всевозможных блоков-заготовок конструирует 3D-модель внутренних и внешних очертаний зданий, инженерных сооружений, проверяет на модели их эргономические параметры.

Двумя примерами такого АРМа являются системы ПРО-100 и 3D MAX. Но первый рассчитан только на конструирование и не годится для создания



тренажеров типа «экскурсия». Вторая система позволяет после конструирования создать X-файл модели, формат которого позволяет затем просматривать модель в стереоварианте.

### 9.2 Порядок выполнения работы

1 Сравнить возможности работы архитектора в системах PRO-100 и 3D MAX. Освоить технологию экспорта результатов в формат X-файла, который затем может использоваться тренажером, подвергаться математической обработке для моделирования упругостных физических деформаций предметов.

2 Составить СЛС для темы, взяв за образец следующую схему.

СЛС-9

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1 АРМ архитектора предназначен создавать...</li><li>2 Режим «экскурсия» в АРМ позволяет испытать...</li><li>3 Для создания моделей 3D-предметов их анимация приемлема в случае...</li><li>4 Для создания моделей 3D-предметов нужны реальные их физические параметры в случае...</li><li>5 Пакет PRO 100 имеет тот недостаток, что...</li></ol> |
|---|

### 9.3 Контрольные вопросы

1 Какие форматы описания архитектурных объектов, предметов подходят для стереовизуализации итоговых сцен?

2 Можно ли с помощью АРМ архитектора испытывать эргономические параметры передвижения в здании его работников и посетителей?

3 Что такое «экскурсия» как система виртуальной реальности? Активный или пассивный режим перерисовки стереоизображения используется в АРМе «экскурсия»?

4 Может ли АРМ «экскурсия» использоваться для архитектора, или только для посетителей здания?

## **10 Оценка простейших компьютерных тренажеров медико-биологического назначения**

*Цель* : формирование практических умений по работе с компьютерными медико-биологическими тренажерами.

### 10.1 Теоретические сведения

Компьютерные тренажеры для хирургии имеют ряд преимуществ перед другими вариантами обучения: продолжительность и режим обучения не ограничены по времени, возможно любое количество повторений упражнения с качественной и количественной оценкой до достижения его полного доказанного освоения и закрепления; не требуется постоянное присутствие преподавателя; методические рекомендации осуществляются автоматически, программа сама указывает на допущенные ошибки, выполняется объективная сертификация.

Особенностью тренажёра по эндовидеохирургии являются возможность просмотра учебного видеофрагмента, который затем имитируется в заданном упражнении, повторный просмотр любого из выполненных студентом упражнений для анализа допущенных ошибок. Перечислим оцениваемые тренажёром ошибки: затягивание работы, инструмент вне поля зрения, ожог окружающих тканей, вмешательство преподавателя и другие.

При стереовизуализации внутренних органов человека предмет восприятия может быть труднодоступным для изучения его рукой и глазом человека. Более удобным является случай интерактивного восприятия, когда у человека есть возможность дотронуться до предмета рукой, почувствовать или видеть итог перцептивного воздействия на него. Рука, изучающая форму упругого предмета, совершает стратегию скачков по его поверхности, и при этом цепь перцептивных воздействий на точки поверхности предмета подобна саккадическим прыжкам взора по картине при ее осмотре.

Для врача предметом восприятия являются: стенки аорты, вены больного, ткани легкого, сердца, почки, селезенки, кишечника. Современная электронная техника позволяет в интерактивном режиме через световод введенного в артерию зонда наблюдать на дисплее картину внутренних стенок функционирующего кровеносного сосуда больного. Появляется возможность интерактивного режима изучения, например, тромба, полипа, а также диагностики их упругости, гибкости, пластичности, вязкости накануне этапа хирургического вмешательства.

Для визуального стереовидения и нанесения перцептивных воздействий стали доступны внутренние органы человека. Для хирурга, терапевта разработан манипулятор, в котором в руку врача поступает обратная информация о гибкости, упругости ставшего доступным внутреннего органа. Одновременно через стереоошлем визуализируется 3D-сцена больного внутреннего органа, инструмента, подвергающего орган хирургическому или перцептивному воздействию, изменение формы под воздействием таких усилий.

Врачи для оценки состояния здоровья и назначения лечения традиционно измеряли размеры и формы тела пациента вручную. Сегодня для получения трехмерных изображений внутренних образов тела пациента используются сканеры компьютерной томографии. 3D-сканеры поверхности тела обеспечивают новую возможность точного измерения размера и формы, а также площади поверхности кожи. Применение полного сканирования тела в повседневной медицинской практике может дать такие успехи в медицине, как использование магнитно-резонансной томографии, рентгенографии и компьютерной томографии для получения внутренних образов тела.

Система передает в руку по обратной связи из компьютера осязательные ощущения о предмете. Система кроме подачи 3D изображения предмета на дисплей имеет специальный аппарат, куда помещается ладонь и часть руки ниже локтя врача. Находясь в таком решетчатом панцире, рука может принимать от аппарата, тонко управляемого компьютером, профиль формы предмета, до которой дотрагиваются кончики пальцев.

Исходя из антропометрических данных, конструкцию компьютерного манипулятора, передающего в руку упругость и пластичность, целесообразно создавать из двух звеньев. Первое звено – подушечка, облегающая кончик пальца, состоящая из мини-тактильных иголок. И второе – экзоскелет, передающий «большую» неподатливость предмета в суставы запястья и локтевой сустав.

Сканирование информации об упругости поверхностных участков объекта необходимо, чтобы добавить в виртуальную модель его формы информацию о вариативности этой формы, ее степенях свободы, кинематике частей этого объекта. У врачей такой метод называется пальпацией больного органа. Аналогично предлагается с помощью описанного манипулятора осуществлять «пальпацию» реального объекта, чтобы сканировать у него вариативность (упругость, гибкость, пластичность) формы объекта, ее поверхностных участков.

## 10.2 Порядок выполнения работы

1 Освоить компьютерный медицинский тренажер по изучению органов человека. Для этого используется стереомонитор StereoPixel и программа. Она, как «движок», позволяет загружать и рассматривать со всех сторон модель строения глаза, уха, руки, ноги, грудной клетки человека.

2 Освоить компьютерный медицинский тренажер по изучению атласа мозга человека, а точнее, атласа Галейрака. Для этого используется программа, которая позволяет рассматривать с разных сторон модель коры головного мозга человека.

3 Разработать схему манипулятора для передачи в руку врача чувства упругости биологического органа при его пальпации.

4 Освоить компьютерный медицинский тренажер по изучению тазобедренных костей и суставов человека. Изучить состав модулей компьютерной программы, алгоритм работы. Провести эргономическую экспертизу программы, высказать предложения по ее совершенствованию, добавлению речевых реплик, упрощению интерфейса пользователя, по введению современных органов управления.

5 Освоить тренажер хирурга.

6 Составить СЛС по теме, взяв за образец следующую схему.

- 1 Для врача в тренажере объектом манипуляции является...
- 2 В медицине на компьютере должна храниться информация об упругости, гибкости, пластичности ткани для того, чтобы...
- 3 Манипулятор, передающий в руку врача упругость ткани, устроен так:...
- 4 Пальпация больного органа – это метод...
- 5 Стереовизуализация внутренних органов в медицине позволяет...

### 10.3 Контрольные вопросы

- 1 Какие три вида систем визуализации, применяемых в практической медицине, вы знаете?
- 2 Приведите пример автоматизированного рабочего места для биолога, медика.
- 3 Как происходит хранение в компьютере информации об упругости биологической ткани почки, мышцы, печени, сустава тела человека?
- 4 Что такое атлас Талейрака? Какую информацию о строении мозга человека этот атлас сообщает через тренажер?

## **11 Логика разработки интернет-магазина с трехмерной визуализацией товара**

*Цель:* формирование практических умений по созданию интернет-магазина с трехмерной визуализацией товара.

### 11.1 Теоретические сведения

На интернет-сайте магазина при визуализации товара отображаются все данные одинаково детализовано. В то же время покупателю, как правило, не нужно сосредотачиваться на всех данных. Покупатель обычно работает с какими-то определенными данными из всего множества ему доступных, и именно их он хочет видеть максимально детализовано, в то время как все остальные, будучи подробно расписаны, создают помеху. Потому их следует сделать менее заметными. Это достигается за счет трехмерной стереоскопической визуализации.

Мы привыкли к тому, что объекты вдалеке становятся меньше и менее детализованными. Компьютерная программа покупателя может удалять менее значимые данные, показывая одновременно их большее количество, а более значимые – в меньшем количестве, но более детально размещать в непосредственной близости от покупателя. При этом он может сам выбрать уровень детализации, удаляя или приближая товар. Тем самым пространство экрана монитора используется более эффективно, причем правила расположения данных продиктованы самой природой.

Итак, восприятие на сайте магазина трехмерных стереосцен позволяет человеку понять и производить «фильтрацию» необходимой информации по

важности и актуальности на данный момент. Глаз при наличии глубины непроизвольно легко сосредотачивает внимание на близкой плоскости. В глаза не попадают детали периферии сцены, которые находятся в глубине.

### 11.2 Порядок выполнения работы

1 Освоить логику и последовательность разработки интернет-магазина, взяв за основу следующую схему. Провести анализ: прототипов магазина; заводской возможности дать 3D-электронную модель товара-изделия, подлежащего продаже; наличия компьютера и Интернета у покупателей дома; транспортной разгрузки метро, уменьшения числа пассажиров, совершающих поездку для знакомства с товаром в натуре.

Провести анализ: процесса покупки товара человеком; очередей покупателей у прилавка; неприветливости продавцов, конфликтных диалогов, эмоциональной межличностной атмосферы у реального прилавка; сеанса выбора товара и сеанса его заказа через Интернет.

Провести анализ иллюзии, неточности восприятия формы, размера, оттенка, веса, гибкости товара, представленного через 3D-интернет-сайт. Предложить: варианты уменьшения иллюзий; приемы демонстрации, которые бы исключали иллюзии; блокаду азарта в покупках.

Осуществить проектирование сайта магазина: разработку полок магазина, их кругового осмотра; разработку сценариев поиска товара; разработку «прилавка» для «выкладки» товара.

2 Исследовать когнитивные достоинства и недостатки плоскостной и стереоскопической визуализации образной информации на сайте интернет-магазина. Проверить экспериментально гипотезу о том, что стереоскопическая визуализация товара имеет предпочтение перед плоскостной визуализацией в случае экспозиции на сайте интернет-магазина: а) близкорасположенного; б) объемного объекта; в) предоставления возможности его осмотра.

Опыт с одними и теми же предметами как товаром проводится два раза. Первый раз – для оценивания восприятия их 3D-модели на плоскостном мониторе; второй раз – на стереомониторе. Оценить по десятибалльной шкале полноту восприятия следующих характеристик объемных предметов. В конце 1) эксперимента должна быть табличка балльных ответов. Предметы: видеокамера; 2) телевизор; 3) статуэтка; 4) нож; 5) DVD-плеер; 6) плазменная панель; 7) подушка; 8) зефир; 9) свитер; 10) галстук; 11) цветок; 12) рыба камбала (плоская).

3 Составить СЛС по теме, взяв за образец следующую схему.

- 1 Детализация вида товара на сайте полезна или излишня в зависимости от...
2. На сайте интернет-магазина оправдано размещение товаров типа...
- 3 Плоскостные товары необязательно размещать в 3D на сайте, потому что...
- 4 Покупателю дома нужно иметь стереодисплей, потому что...

### 11.3 Контрольные вопросы

- 1 В каких городах, с какой системой транспортных услуг эргономичнее открывать интернет-магазины?
- 2 Для какой категории товара не годится трехмерная визуализация его через интернет?
- 3 Для какой категории товара более предпочтительна его трехмерная стереовизуализация через Интернет перед плоскостной визуализацией?
- 4 Как меняются местами понятия «сцена» и «товар» на сайте интернет-магазина, если в стереоскопическом кадре помещено несколько образцов товара?
- 5 Какие недорогие варианты стерео СООИ можно сегодня предложить покупателю иметь дома, чтобы изучать через стереодисплей интернет-товары?

## 12 Создание простейших компьютерных тренажеров для управления транспортом

*Цель* : формирование практических умений по работе с компьютерными тренажерами для управления транспортными средствами.

### 12.1 Теоретические сведения

На дисплее компьютера изображены ландшафты: если пользователь начнет двигать управляющими ручками, на дисплее будет соответственно изменяться ландшафт. Перерисовку сцены осуществляет не гироскоп на голове человека, а педаль и руль водителя. Машина все время движется на скорости, дорога набегают на взор. Скорость смены вида дороги зависит от руля и педали газа. Вертикального перемещения точки взора нет, а есть только изменение точки взора вправо-влево. В тренажере нет вибрационных ощущений, которые есть в натуре. Суть навыка *водителя* состоит в обучении: навигации на трассе; обучении реакции на движущийся объект (это встречная машина, это при обгоне передняя машина); знакам уличного движения; типичным маневрам (поворот направо, налево, движение задним ходом).

Навыки *пилота*: двигаться в воздушном коридоре. Здесь есть вертикальное перемещение точки взора. Поэтому перерисовка картины более непредсказуема для пилота, так как скорость самолета очень велика. Недостаток тренажера для водителя, пилота самолета: нет шлема и перерисовки сцены от пере-

мещения головы, есть перерисовка только от движения руля и педали. Реальные ландшафты для автотренажера сканировать необязательно. Здесь можно от реального кино перейти к анимации сцен, дороги, знаков уличного движения, пешеходов. Имеется специфика сканирования Земли для тренажера *параютиста*: нужна не анимация, а подлинное кино. Здесь достаточно и одной точки взора. Стереопсис нужен только на последних стадиях приземления парашютиста, за 500–900 м от земли. В случае парашютиста органами управления являются стропы и повороты головы.

Создан вибрационный тренажер для обучения рулению самолета по взлетно-посадочной полосе перед взлетом, выходом на взлетную полосу. Сканирование местности для пилота выполнено так, чтобы он видел то, что ему еще будет видно реально только через 300–700 мс. Его реакция все равно не сработает, даже если в поле зрения его мгновенно что-либо появится. Для формирования у пилота образа полета (на тренажере) в нем нужно иметь 100–200 вмонтированных в кресло пилота «нажимателей». Они рассредоточены по всему телу пилота и синхронно нажимают на точки тела в кресле. Сценарий кинематики и времени нажатия записывается на 100–200-канальный «магнитофон». Наряду с этим сценарием для пилота подается сценарий видео- и аудиоряда на приборы и дисплеи, моделирующие обзор впереди пилота. В тренажере имеется штурвал пилота, с помощью которого он управляет «полетом» на участках типовых маневров.

Новизна тренажера на психологическом уровне состоит в добавке к функции «нажимателя» (надавливать на тело) одновременно еще и второй функции – забирать от этого же участка тела обратную информацию об упругости, о деформации участка. «Нажиматель» становится еще и сенсором, регистратором точечного состояния участка тела. В итоге, оказывается возможной 100–200-канальная обратная связь измерения состояния и позы тела пилота и оперативная оценка этой информации компьютером. От подачи (имитации) сценария маневра переходим к возможности оперативно следить за постепенным формированием у пилота ответного навыка реагировать на тренажере на земле на «нажиматели» так же, как и в полете. От сеанса к сеансу обучения, отвечая телесной реакцией на маневр, пилот будет способствовать постепенному формированию в мозге правильного сценария реакций его тела. Это и есть формирование в мозге образа полета. Датчики обеспечат точный контроль за становлением навыка и образа маневра, позволят объективно оценивать степень и фазы этого становления. Такой элемент должен иметь малые фронтальные размеры, чтобы плотность их монтажа друг к другу по поверхности тела пилота была большой. Моменты генерации усилия и моменты измерения можно быстро чередовать, чтобы генерация не мешала измерению.

### 12.2 Порядок выполнения работы

1 Воспроизвести на компьютере тренажер пилота. Освоить работу на тренажере. Оценить эргономичность тренажера. Изучить стереоскопический и плоскостной режимы обучения с помощью клавиатуры и через джойстик.

2 Научиться работать с тренажером водителя. Объяснить, что в нем является «сценой», а что – «предметом» на видеоизображении.

3 Составить СЛС по теме, используя в качестве примера следующую схему:

СЛС-12

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1 В тренажере водителя перерисовку сцены ученик совершает с помощью...</li><li>2 В тренажере водителя есть видеоинформация, но нет информации о...</li><li>3 Кресло пилота самолета в тренажере позволяет...</li><li>4 «Образ полета» – это...</li><li>5 В тренажере парашютиста ОУ являются...</li></ol> |
|---|

### 12.3 Контрольные вопросы

1 Какой метод управления автомобилем в тренажере лучше будет формировать навык: управления стрелками клавиатуры или джойстиком в виде руля?

2 Усложняет или упрощает формирование водительского навыка наличие координаты высоты полета в авиационном тренажере по сравнению с автомобильным тренажером, где нет координаты высоты?

3 Какой навык помогает формировать у водителя на тренажере трекер направления взгляда?

4 Приемлемы ли эргономические параметры шлема ВР для создания на его основе тренажеров вождения автомобиля, катера?

5 Приемлема ли комната ВР для создания на ее основе тренажеров вождения автомобиля?

## 13 Эргономическая оценка атомно-силового микроскопа

*Цель:* формирование практических умений эргономической оценки атомно-силового микроскопа.

### 13.1 Теоретические сведения

Физики используют атомно-силовые микроскопы (АСМ) для получения «изображения» строения материальных объектов нанометрового размера. С помощью микроскопа организуется перемещение микроскопического сканирующего зонда по поверхности исследуемого образца. Зонд передает видеоинформацию на компьютер, а компьютер – обратно передает усилия рук оператора на зонд, т. е. АСМ используются также для манипулирования микроскопическими объектами на поверхности образца. Силовой манипулятор для АСМ представляет из себя специальные рукоятки и компьютерный интерфейс с



обратной тактильной связью. Манипулятор позволяет пользователю микроскопа взаимодействовать с микропредметом через осязание и зрение. Оператор может контролировать зрительно перемещение зонда и его микроманипуляции «интуитивно понятным способом»: движение руки оператора «оцифровывается» и уменьшается в миллионы раз для передачи сканирующему зонду; обратная информация об упругости зонда увеличивается в миллионы раз и передается руке оператора.

Работа человека с недоступным (живое сердце) или опасным (порох) материалом требует применение телеуправления (дистанционного управления) и микроманипуляции. В этом случае использование устройств с обратной осязательной связью позволяет повысить качество дистанционного управления манипулятором и различными исполняющими устройствами за счет передачи дополнительной интуитивно понятной оператору осязательной информации. Стандартные джойстики не позволяют использовать данный канал восприятия информации человека.

Использование устройств с обратной тактильной связью оправдано в операциях с дистанционным управлением роботами, когда операторы могут мгновенно чувствовать реакцию и различные ограничения манипулятора. Использование систем с обратной тактильной связью в медицинских тренажерах и реальных медицинских роботах позволяет передавать хирургу осязательную информацию, что позволяет сделать все манипуляции в привычной и интуитивно понятной форме. Существует медицинский тренажер работы с катетерами с обратной тактильной связью.

В АСМ могут использоваться два оптических зонда, что позволяет устанавливать для оператора стереоскопический дисплей, а образец изображать объемно и близко. Примером стереоскопического манипулятора с усилителями является система для лапароскопической операции на сердце «ДаВинчи». Именно присутствие тактильной обратной связи для руки оператора и зрительной – для глаза делает революцию в эргономическом решении ОУ. Рука не нуждается в рукоятках, кнопках, инструментах для воздействия на машину. А ее антропоморфные естественные движения по смыслу «интеллект» машины распознает сам, что и привело к возникновению нового для эргономики термина – «интуитивно понятным способом».

### *13.2. Порядок выполнения работы*

1 Освоить компьютерный манипулятор атомно-силового микроскопа. Изучить точность управления манипуляциями по разным осям.

2 Осуществить эргономическую оценку атомно-силового микроскопа и рассмотреть разные его предназначения. Сначала оценить в нем СОИ по параметрам передачи цвета, размерности изображения стереопсиса. Затем оценить «интуитивно понятность» пользования ОУ как рукоятками.

3 Построить СЛС вопросов по теме занятия, используя следующие определения:

Атомно-силовой микроскоп (АСМ) – это...  
 Обратная тактильная связь – это...  
 АСМ состоит из...  
 Зонд в АСМ выполняет функцию...  
 Стереоскопический эффект помогает в АСМ воспринимать информацию о...  
 Под «интуитивно-понятным способом» в эргономике понимают принцип, когда...  
 АРМ «ДаВинчи» – это...

### 13.3 Контрольные вопросы

- 1 Какую роль в управлении атомно-силовым микроскопом играет обратная тактильная связь?
- 2 Почему в тренажерах хирурга информативна обратная тактильная и обратная зрительная связи?
- 3 Почему перемещение зонда в атомно-силовом микроскопе целесообразно контролировать и зрительно, и тактильно?

## 14 Оценка геокосмической информации

*Цель:* формирование практических умений по оценке простейшей геокосмической информации.

### 14.1 Теоретические сведения

Видеоснимки поверхности Земли с использованием спутников позволяют различать предметы величиной примерно 1 м. Видеокамера передает снимки в цвете. Спустя секунды видеокамера делает наклон и повторно под новым углом опять снимает тот же участок местности. Это повторное фотографирование совершается для создания стереоскопического, рельефного получения снимка местности. По двум фотоснимкам (стереопара) с помощью компьютера фотограмметрист может восстановить высоты местности. Получается карта высот. Сканирование из космоса рельефа поверхности Земли с помощью стереопары снимков очень информативно. Разрешающие способности оптической камеры, установленной на спутнике, год от года увеличиваются. На разрешающую способность фотоснимка влияет погода, облачность, загазованность атмосферы.

Важное значение имеет аппаратура для телеметрической передачи данных оптического сканирования в Центр управления полетом. Методы кодирования и методы сжатия видеоинформации определяют виды оптических искажений при передаче. Цвет передается менее надежно, полутоновые снимки имеют меньшие искажения.

Видеосъемки поверхности Луны, Марса, Венеры не могут происходить в интерактивном режиме, так как время передачи видеоизображения до оператора на Земле составляет до 10–15 минут. Недостатки фотографирования в интерактивном режиме таковы, что при неудачном снимке уже нельзя его переснять.

В Центре управления полетом устанавливается большой экран и несколько стереодисплеев для операторов. Средства трехмерной визуализации данных в Центре – это стереодисплеи с очками поляризационного типа. Индивидуальные видеодисплеи устанавливаются для операторов. Роль большого стереоэкрана – согласовать действия нескольких операторов.

Каждый оператор решает отдельную задачу управления. Например, имеется рабочее место оператора управления видеокамерами на спутнике, оператора управления телескопом, оператора коррекции орбиты полета.

Органами управления динамикой агрегатов, поворотом видеокамер, телескопов, находящихся на орбите непилотируемых аппаратов, являются джойстики и трехмерные манипуляторы. Эти задачи управления операторы совершают в режиме реального времени. Следующие задачи выполняются позже, не в ЦУПе, а именно: для декодирования информации из стереоснимков о высоте местности создано автоматизированное рабочее место картографа. Оператор по отдельным точкам на местности восстанавливает рельеф, т. е. высоту местности. Карта высот нужна для сличения фотографии участка местности и электронной карты данной местности.

Космическая фотоинформация нужна для картографии для получения рельефа. Видеоинформация путем сличения фото- и электронной карты обновляет последнюю, если на Земле происходят изменения ее облика. Видеоинформация о слоях облаков, об облачности, туманах используется для прогноза погоды, метеорологии. Она может использоваться для слежения за подвижными транспортными объектами. Можно оперативно проследить фактическое движение поездов, кораблей на море, автомобилей по дорогам, самолетов в воздухе, на взлете и посадке. Геокосмическая информация позволяет следить за всхожестью, ростом, степенью созревания растений на полях, состоянием массивов леса.

#### *14.2 Порядок выполнения работы*

1 Овладеть простейшими приемами работы фотограмметриста при расшифровке космических фотоснимков поверхности Земли. Кнопка New project позволяет загрузить в левое и правое окна программы соответствующие два фотофайла. В ряду кнопок следует найти кнопку стерео, по нажатию на которую оба фото налагаются друг на друга. На мониторе StereoPixel можно увидеть стереоэффект, т. е. ощущение глубины пространства.

2 Исследовать зависимость эффекта: от удаленности предмета; от расстояния между левым и правым глазом; от числа предметов, которые попали в объектив; от того, на какой предмет из множества предметов падает фокус.

3 Составить СЛС по теме, взяв за образец следующую схему:

- 1 Повторное фотографирование одной и той же местности (стереопара) нужно для...
- 2 Цвет на снимке передает информацию о...
- 3 Рабочее место фотограмметриста – это...
- 4 Карта высот – это...
- 5 Космическая видеоинформация нужна для решения разных задач, а именно: а) б) в)

#### 14.3 Контрольные вопросы

- 1 Какие предметы вы сфотографировали для получения стереоэффекта? Фотографии цветные или белые? В какую папку их поместили?
- 2 Какие расстояния по горизонтали вы использовали при создании стереоэффекта?
- 3 Какие побочные предметы оказались на снимке?
- 4 Для чего один и тот же участок Земли фотографируется дважды?
- 5 Для каких целей более информативен цвет на снимках, а для каких – контуры и очертания объектов?
- 6 Какие стереоустройства устанавливаются в Центре управления полетом?
- 7 Каким образом фотограмметрист узнает высоту местности в конкретной ее точке?

### **15 Создание простейшего стереоскопического компьютерного тренажера для МЧС**

*Цель:* формирование практических умений по созданию простейших стереоскопических компьютерных тренажеров для МЧС.

#### 15.1 Теоретические сведения

Проблема разработки и создания тренажеров виртуальной реальности для МЧС актуальна, так как возросли требования к персоналу, непосредственно занятому ликвидацией пожара, к навыкам и умениям пожарных, их психологической адаптации к стрессу. Техническая оснащенность пожаротушения усложняется и модернизируется. Поэтому обучение пожарного новой технике на реальном оборудовании стало экономически невыгодным. Кроме того, в пожарном деле стало трудно прогнозировать разнообразие, масштабы, быстроту развития пожара.

Возросли требования к тренажеру: он должен моделировать самые разнообразные ситуации пожара. В нем должны храниться трехмерные компьютерные модели городов, поселков, заводов, фабрик, улиц, жилых массивов и зданий. Тренировки пожарных-спасателей должны совершаться на моделях не абстрактных, а реально существующих объектов. Указанные задачи являются вычислительно сложными в плане управления видеопотоками. Они решаются с помощью суперкомпьютера, производительность которого в обработке цветных видеоизображений очень велика.

Для создания эффектов присутствия и взаимодействия должен использоваться стереоскопический киноэкран, расположенный в специально оборудованной комнате виртуальной реальности. Комната должна вмещать 3–5 человек, взаимодействующих не только с огнем, но и между собой. Благодаря применению стереоэкрана и пространства комнаты у участников должна быть возможность свободно перемещаться в комнате, видеть не только экран, но и друг друга. Трехмерная картина сцены пожара, его динамика, сравнение предыдущей и сиюминутной панорамы пожара, размещения техники должны задаваться суперкомпьютером.

В режиме обучения на тренажере должна быть возможность точно следить за поведением каждого пожарного, возможность не только запоминать траектории его поведения, но и мгновенно сравнивать их с эталонами, вычислять амплитуду, направление ошибки, распознавать «профиль» поведения пожарного и сегментировать поведение на типичные и нетипичные маневры.

На рисунке 2 представлена структурно-логическая схема тренажера. Интеллектуальный модуль должен обеспечивать слежение за поведенческими параметрами пожарных, автоматическое распознавание в поведении ошибок и норм. Поведенческие параметры конкретного пожарного, равно как и его напарников, должны мгновенно распознаваться по специальному алгоритму (по «поведению» человека, его рук с брандспойтом, меткости наведения струи воды, содержанию речевых реплик участников тушения пожара).

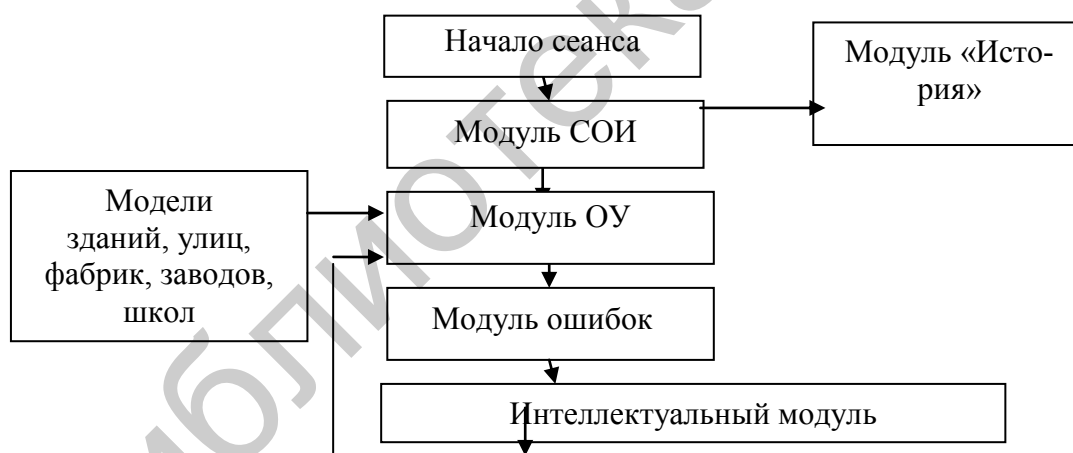


Рисунок 2 – Структурно-логическая схема тренажера для МЧС

### 15.2 Порядок выполнения работы

1 Разработать структурную схему компьютерного тренажера для группового обучения пожарных ликвидации огня, включающего систему виртуальной реальности.

2 Провести сравнительный анализ технической оснащенности, экипировки операции ликвидации огня струей пены (на разных стадиях). Отобрать три операции, наиболее перспективные для обучения на тренажере, рассчитан-

ные на ликвидацию пожара на его начальной, кульминационной и конечной стадиях.

3 Предложить модульную структуру тренажера. Структурно тренажер содержит модуль стереоскопического трехмерного предъявления образной информации, модуль приема реакций человека, модуль оценки ошибок поведения обучаемого, интеллектуальный модуль обучения, модуль устных речевых подсказок и реплик.

4 Предложить метод воссоздания в тренажере с помощью средств виртуальной реальности эффекта присутствия вблизи пожара. Задача решается путем создания в тренажере зрительного стереоскопического эффекта с помощью экрана трехмерной визуализации сцены пожара. В тренажере экран занимает одну стену комнаты виртуальной реальности, в которой будет вестись тренировка.

5 Предложить метод воссоздания в тренажере с помощью средств виртуальной реальности эффекта взаимодействия человека с огнем. Для решения задачи применить в качестве брандспойта компьютерный гироскопический трекер-джойстик, который обеспечит интерактивную обратную связь от виртуальной струи пены к изменению видеоизображения на экране. Трекер-джойстик обеспечит мгновенное измерение и передачу в компьютер информации о направлении виртуальной струи пены, ее силе, трехмерных координатах положения брандспойта в пространстве комнаты.

6 Предложить отдельные алгоритмы обучения пожарного на тренажере:  
а) алгоритм отслеживания формирования навыка гасить пламя пожара;  
б) алгоритм коррекции ошибок, в) алгоритм избавления человека от фобии боязни огня.

### 15.3 Контрольные вопросы

1 Для формирования каких навыков в тренажерах МЧС используются стереоэкраны, а для формирования каких – стереомониторы?

2 В каких случаях в тренажерах для МЧС предпочтителен шлем, нежели дисплей и поляризационные очки?

3 Почему эффективны тренажеры для МЧС, в частности, для перцептивных навыков восприятия пожара?

4 Какие связи внутри имеет СЛС этой темы?

## 16 Трекеры (датчики) для обеспечения 3D-визуализации

*Цель:* формирование практических умений по работе с трекерами и датчиками различного назначения.

### 16.1 Теоретические сведения

1 Для интерактивного управления перерисовкой видеоизображения на дисплее, в шлеме или на стереоэкране необходимы *трекеры*, т. е. системы, следящие за движением головы, туловища, глаза человека.

2 Разработаны трекеры направления взора гироскопического типа; датчики 3D-координат человека в пространстве; трекеры направления указательного пальца говорящего человека; трекеры движения глазного яблока (метод окулографии).

3 Первоначально трекеры были громоздкие, электромагнитного типа. Гироскоп как волчек со вращением вокруг оси мог точно сообщать направление взора человека. Для того чтобы следить за перемещением человека вправо-влево в комнате, создается еще одна следящая система на основе радио. Она обеспечивает регистрацию координаты местонахождения человека в комнате и оперативно передает эти данные по радио в компьютер.

Особенно сложен трекер направления глазного яблока. Эти системы бывают двух типов. Первая – обязывает человеку класть и фиксировать голову подбородком на подставку. Человек смотрит на монитор, но не в свободное пространство. До начала трекинга дается тестовое задание человеку посмотреть в пять локальных указанных точек на дисплее. В ходе регистрации компьютер измеряет через две инфракрасные камеры направление движения глазного яблока и мгновенно на дисплее поверх главной картины рисует паутину направления скачков глазного яблока человека. Эта система дает относительно точные координаты взгляда смотрящего, но она не позволяет вести свободно обзор натуральных пространств человеку.

Для летчиков, танкистов, водителей автомобилей, хирургов создана другая технология регистрации направления движения глаза. Она создана в виде шлема на голове. Шлем позволяет держать навстречу лицу человека направленную видеокамеру. Она небольшая, не заслоняет поле обзора глаза, находится перед лицом и снимает видеокино о том, куда поворачивается глазное яблоко. Такая методика менее точна, но она не обязывает человека смотреть на экран дисплея, а в любое пространство вокруг, не запрещает поворачивать голову.

В последнее время создана методика регистрации движения головы, туловища по двум видеокамерам, установленным под углом друг к другу и следящими за головой. Это самая прогрессивная методика, так как она не требует ни шлема, ни подставки под подбородок.

### 16.2 Порядок выполнения работы

1 Зарегистрировать в виде *txt* файла траекторию осмотра 3D-предмета через стереомонитор.

2 Зарегистрировать в виде линии и *txt* файла траекторию осмотра 3D-предмета через стереомонитор.

3 Изменить чувствительность трекера IeReflex. Для этого присоединить трекер, запустить его драйвер, запустить программу «Тренажер лоцмана катера».

4 Составить СЛС по теме занятия, включив в нее ответы на следующие вопросы:

СЛС-16

1 Трекер направления взора работает по принципу...

2 Трекер движения глазного яблока бывает двух конструкций:

а)

б)

3 Перемещение человека в масштабах комнаты отслеживает...

4 Направление указательного пальца сообщает компьютеру информацию о...

5 Схема регистрации направления головы с помощью двух видеокамер следующая...

1 В чем сущность использования гироскопа для регистрации направления поворота головы человека?

2 Как работает технология окулографии в виде шлема на голове и видеокамеры на нем?

3 Почему нельзя перерисовку изображения в тренажере выполнять самому компьютеру без информации с трекера?

4 Как психофизиологически происходит у человека измерение направления поворота головы, поворота глазного яблока, туловища в пространстве?

5 Почему 50–40 лет назад нельзя было создать мгновенную перерисовку видеоизображения в системе виртуальной реальности, например в шлеме?

6 Как связан эффект присутствия с использованием трекера направления взора человека?



## Литература

### *Основная*

- 1 Аникей, А. И. Виртуальная реальность наступает / А. И. Аникей. – М., 2009.
- 2 Лосик, Г. В. Опорный конспект по когнитивной графике / Г. В. Лосик. – Минск, 2010.
- 3 Ковалев, В. А. Анализ текстуры трехмерных медицинских изображений / В. А. Ковалев. – Минск, 2008.
- 4 Кернога, С. А. Виртуальная реальность сегодня / С. А. Кернога. – М., 2010.
- 5 Величковский, Б. М. Два вида внимания при виртуальной реальности / Б. М. Величковский. – М., 2008.
- 6 Лосик, Г. В. Перцептивные действия: кибернетический аспект / Г. В. Лосик. – Минск: ОИПИ, 2007.
- 7 Виртуальная реальность (Исторический обзор, киберпространство) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://virtual-real.info>.
- 8 Виртуальная реальность (Психологические феномены) [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://virtual-real.info>.
- 9 Кристофер, А. Т. Устройства виртуальной реальности / А. Т. Кристофер. – [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/multi-media/so-real>.
- 10 Вартанов, А. В. Психология виртуальной реальности / А. В. Вартанов. – [Электронный ресурс] М., 2009. – Режим доступа: <http://www.krugosvet.ru/articles>.
- 11 Дацюк, С. Теория Виртуальной Реальности / С. Дацюк. – [Электронный ресурс]. – Киев, 2007. – Режим доступа :<http://xyz.org.ua/~xyz/virtreal.rus>.
- 12 Черняк, Л. А. У истоков виртуальной реальности / Л. А. Черняк. – [Электронный ресурс]. – М., 2007. – Режим доступа: <http://www.computermuseum.ru/frgnhist/intern6.htm>.
- 13 Виртуальная реальность (VR игры, перспективы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://virtual-real.info/index.html>

### *Дополнительная*

- 14 Самая реалистичная виртуальная среда на планете [Электронный ресурс]. – 11 мая 2006. – 9 с. – Режим доступа <http://www.membrana.ru/articles/technic/2006/05/11/174700.html>
- 15 Аэродром-призрак принимает вымышленные самолёты [Электронный ресурс]. – 25 августа 2005. – 10 с. – Режим доступа : <http://www.membrana.ru/articles/technic/2005/08/25/190000.html>
- 16 Виртуализация города: с 3D-моделью легко в городе [Электронный ресурс]. – 5 мая 2007. – 11 с. – Режим доступа: <http://www.membrana.ru/articles/technic/2005/05/05/201400.html>
- 17 По виртуальному миру можно ходить ногами, не двигаясь с места [Электронный ресурс]. – 19 августа 2006. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/articles/technic/2004/08/19/225000.html>.

18 Лосик, Г. В. Виртуальная реальность как новый виток по Л. С. Выготскому в филогенезе человеческого мышления образами : материалы IV Междунар. науч. конф. «Л. С. Выготский и современная культурно-историческая психология», Гомель, 28–29 октября 2010. С. 326–330.

19 Пархоменко, Д. А. Перчатка виртуальной реальности как новый виток предметно-действенного мышления человека : материалы IV Междунар. науч. конф., «Л. С. Выготский и современная культурно-историческая психология», Гомель, 28–29 октября 2010 г. С. 336 – 340.

20 Лосик, Г. В. Перцептивные действия человека: кибернетический аспект / Г. В. Лосик .– Минск, ОИПИ, 2008.

21 Лосик, Г. В. Тренажер для пилотов самолета с воспроизведением. Доклады V Междунар. конф. «Обработка информации и управление в чрезвычайных и экстремальных ситуациях» (ОИУЧЭС), Минск 24 – 26 октября 2006 г. С. 164–167.

22 Лосик, Г. В. Хрестоматия по экспериментальной психологии / Г. В. Лосик . – Минск, БГПУ, 2003.

Библиотека БГУИР

*Учебное издание*

**Лосик** Георгий Васильевич  
**Яшин** Константин Дмитриевич

## ***ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ***

Методическое пособие к практическим занятиям  
по дисциплине «Когнитивная графика»  
для студентов специальности 1-58 01 01  
«Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий»  
всех форм обучения

Редактор Т. П. Андрейченко  
Корректор Е. Н. Батурчик  
Компьютерная верстка Ю. Ч. Клочкевич

---

Подписано в печать 02.02.2012.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 2,67.
Уч.-изд. л. 2,4.	Тираж 100 экз.	Заказ 194.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6