

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра инженерной психологии и эргономики

В. В. Егоров

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «Инженерно-психологическое
обеспечение информационных технологий»*

Минск БГУИР 2017

УДК 004.81(075)
ББК 32.813я7
Е30

Рецензенты:

кафедра возрастной и педагогической психологии
учреждения образования «Белорусский государственный
педагогический университет имени М. Танка»
(протокол №11 от 16.02.2016);

академик Международной академии технического образования,
Международной академии проблем человека в авиации и космонавтике,
Международной академии акмеологических наук, Белорусской
академии образования, профессор кафедры психологии управления
Академии управления при Президенте Республики Беларусь,
доктор психологических наук, профессор *М. А. Кремень*;
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Белорусского национального технического университета,
доктор технических наук, профессор *Э. И. Михневич*

Егоров, В. В.

Е30 Когнитивные технологии : учеб. пособие / В. В. Егоров. — Минск :
БГУИР, 2017. — 240 с. : ил.
ISBN 978-985-543-263-1.

Учебное пособие написано в соответствии с учебной программой дисциплины
«Когнитивные технологии» для студентов технических специальностей БГУИР.

Содержание учебного пособия подготовлено с учетом достижений современных
технических наук в области разработки системотехнических устройств, обеспечиваю-
щих трехмерное представление данных, визуальное предъявление их человеку и ману-
альное управление этими системотехническими средствами, в области проектирова-
ния, создания, испытания и эксплуатации сложных систем трехмерной визуализации.

Адресуется студентам технических специальностей университетов.

УДК 004.81(075)
ББК 32.813я7

ISBN 978-985-543-263-1

© Егоров В. В., 2017
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---------------|---|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
|---------------|---|

РАЗДЕЛ 1 СИСТЕМОТЕХНИКА КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

| | |
|--|----|
| Глава 1. СПЕЦИФИКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.. | 9 |
| 1.1. Понятие «когнитивные технологии» | 9 |
| 1.2. Когнитивные модели инфокоммуникационных и социальных систем | 10 |
| 1.3. Области применения когнитивных технологий..... | 13 |
| 1.4. Современная когнитивная технология графики. Понятие и основные функции..... | 16 |
| 1.5. Применение средств виртуальной реальности в когнитивных технологиях | 17 |
| 1.6. Упреждающая адаптация как когнитивная технология формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности..... | 18 |
| Глава 2. СТЕРЕОЭФФЕКТ В ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНИКА ЕГО ВОССОЗДАНИЯ | 21 |
| 2.1. История развития двухмерной визуализации данных | 21 |
| 2.2. Некоторые методы двухмерной визуализации..... | 23 |
| 2.3. Развитие техники, позволившее перейти к когнитивным технологиям трехмерной визуализации данных..... | 24 |
| 2.4. Понятие стереоэффекта и техника его воссоздания | 25 |
| 2.5. Виды стереоэффекта и области его применения | 28 |
| Глава 3. ПОНЯТИЕ СТЕРЕОПСИСА И ЕГО ВОССОЗДАНИЕ С ПОМОЩЬЮ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ..... | 30 |
| 3.1. Стереопсис и системотехника его создания..... | 30 |
| 3.2. Методы и программные средства оценки стереопсиса..... | 31 |
| 3.3. Типы систем виртуальной реальности | 32 |
| 3.4. Технологии обеспечения эффекта присутствия | 35 |

| | |
|---|-----|
| Глава 4. ЭФФЕКТ ПРИСУТСТВИЯ И ЭФФЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ | 37 |
| 4.1. Видеосцена и изменение точки зрения | 37 |
| 4.2. Воздействие на один из предметов на видеосцене | 37 |
| 4.3. Технические устройства, изменяющие точку зрения | 39 |
| 4.4. Воссоздание на компьютере эффекта присутствия | 42 |
| 4.5. Эффект взаимодействия и техника его воссоздания | 43 |
| 4.6. Сеансы интерактивного онлайн-взаимодействия человека с трехмерной визуализированной сценой | 45 |
| 4.7. 3D-восприятие человека по сравнению с 2D-представлением видеоинформации на дисплее или экране | 46 |
| Глава 5. ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСПЛЕЕВ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ | 49 |
| 5.1. Развитие трехмерного изображения | 49 |
| 5.2. Виды дисплеев трехмерной визуализации | 51 |
| 5.3. HR3D – будущее дисплеев 3D-визуализации | 61 |
| 5.4. Программное обеспечение мониторов 3D-визуализации | 62 |
| 5.5. Программный пакет 3Ds Max Autodesk | 65 |
| Глава 6. СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ | 70 |
| 6.1. Устройство и принцип действия стереочков и стереоэкранов | 70 |
| 6.2. Методы оценки способности восприятия стереоскопической информации | 74 |
| 6.3. Устройство и принцип действия стереонаушников | 75 |
| 6.4. Устройство и принцип действия шлема VR | 77 |
| 6.5. Технологии захвата и синтеза движений и мимики | 78 |
| 6.6. Системы с тактильной обратной связью | 83 |
| 6.7. Тактильный брайлевский дисплей для слепых | 87 |
| Глава 7. СКАНИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН И ПРЕДМЕТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ | 88 |
| 7.1. Сканирование метрических данных материальных объектов и их цвета | 88 |
| 7.2. Классификация и технологии 3D-сканеров лазерного принципа | 90 |
| 7.3. Методы и технологии сканирования трехмерных биологических объектов | 94 |
| 7.4. Классификация и технологии 3D-принтеров | 99 |
| Глава 8. ТРЕКЕРЫ В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКОВ ДЛЯ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ | 102 |
| 8.1. Трекеры как технологии виртуальной реальности | 102 |
| 8.2. Электромагнитные, оптические, ультразвуковые и инерционные системы трекинга. Айтрекинг | 103 |
| 8.3. Телеконференция и направление взгляда собеседников | 109 |
| 8.4. Гироскоп для определения направления взгляда человека | 111 |
| 8.5. Трекеры как следящая система за движениями головы, туловища, глаз | 115 |
| 8.6. Следящие радиосистемы регистрации местоположения человека | 118 |
| Глава 9. МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА ТРЕНАЖЕРА | 120 |
| 9.1. Понятие и принципы построения тренажера | 120 |
| 9.2. Навыки и стратегии обучения ученика на тренажере | 124 |
| 9.3. Модули построения тренажера для формирования образных навыков | 125 |

РАЗДЕЛ 2 ПРИКЛАДНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|--|-----|
| Глава 10. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА СО СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ДАННЫХ..... | 131 |
| 10.1. Рабочие места проектировщика в области машиностроения с применением трехмерной визуализации данных..... | 131 |
| 10.2. Специфика информации о трехмерной форме машиностроительных деталей | 134 |
| 10.3. Визуализация целого изделия и динамика его функционирования..... | 136 |
| 10.4. Трехмерная визуализация динамических аварийных сцен испытаний машин | 138 |
| 10.5. Разработка рабочего места модельера одежды и визажиста..... | 139 |
| 10.6. Когнитивные технологии представления 3D-данных в компьютере о форме тела человека | 142 |
| Глава 11. ТРЕНАЖЕРЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ | 146 |
| 11.1. Применение систем виртуальной реальности в медицине | 146 |
| 11.2. Использование роботов-манипуляторов в медицине | 148 |
| 11.3. Биоинженерные технологии: хирургическая система Da-Vinci, Raven II | 150 |
| 11.4. Информационные когнитивные технологии трехмерной визуализации медицинских данных | 153 |
| 11.5. Принцип действия, состав и применение детектора лжи | 159 |
| 11.6. Назначение и возможности тренажеров с биологической обратной связью ... | 160 |
| Глава 12. КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОВАРА НА САЙТЕ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА | 165 |
| 12.1. Нелингвистический Интернет на основе 3D-образов виртуальной реальности | 165 |
| 12.2. Анализ неточности восприятия характеристик товара, представленных через Интернет | 167 |
| Вклейка между 168 и 169 страницами | |
| 12.3. Разработка прилавка для выкладки товара | 169 |
| 12.4. Особенности представления товара на прилавках пассивного и активного типа в интернет-магазинах | 171 |
| 12.5. Системы приема и отображения информации..... | 173 |
| 12.6. Испытание систем отображения информации в экспериментах с покупателем | 177 |
| Глава 13. ТРЕНАЖЕРЫ С ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ СЦЕН НА ТРАНСПОРТЕ..... | 179 |
| 13.1. Когнитивные технологии предъявления зрительной информации в тренажерах для обучения водителей | 179 |
| 13.2. Использование зрительной информации в авиационных тренажерах | 182 |
| 13.3. Особенности отображения информации на тренажерах для железнодорожного транспорта | 189 |

| | |
|---|------------|
| 13.4. Специфика визуализации на тренажерах для морской навигации | 190 |
| 13.5. Системотехнические компоненты устройств для навигации и локации на местности автомобиля, человека | 192 |
| Глава 14. ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ АТОМНЫХ СИЛОВЫХ МИКРОСКОПОВ И НАНОТЕХНИКИ | 194 |
| 14.1. Силовые манипуляторы с тактильной обратной связью для атомных силовых микроскопов | 194 |
| 14.2. Системотехнические элементы манипулятора | 196 |
| 14.3. Системы управления силовыми ядерными микроскопами | 200 |
| 14.4. Когнитивные технологии отображения увеличенной видеосцены | 200 |
| 14.5. Экзоскелет с тактильной обратной связью | 201 |
| 14.6. Понятие «интуитивно понятный интерфейс» | 204 |
| Глава 15. ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ КОСМОНАВТИКИ | 208 |
| 15.1. Системотехнические разработки для оптического сканирования из космоса поверхности Земли | 208 |
| 15.2. Картография и создание электронных карт поверхности Земли | 212 |
| 15.3. Тренажеры и симуляторы виртуальной реальности для космонавтов | 217 |
| 15.4. Варианты использования видеоинформации о Земле | 220 |
| Глава 16. ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ТРЕНАЖЕРАХ ДЛЯ МЧС | 224 |
| 16.1. Когнитивные технологии проектирования виртуальных тренажеров | 224 |
| 16.2. Разновидности тренажеров для обучения спасателей-пожарных | 225 |
| 16.3. Специфика тренажера на базе комнаты виртуальной реальности Командно-инженерного института МЧС | 230 |
| 16.4. Моделирование пожаров и чрезвычайных ситуаций в городе-тренажере | 232 |
| 16.5. Трехмерные компьютерные модели виртуальных полигонов | 233 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 236 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 238 |

ВВЕДЕНИЕ

Изобретение компьютеров (как средств вычислительной техники) способствовало быстрой автоматизации промышленной и гуманитарной сфер деятельности общества, формированию электронных информационных ресурсов и систем. В настоящее время трудно представить себе человека, получающего высшее образование и не умеющего пользоваться возможностями информационных технологий. Будущие специалисты в области компьютерных технологий, выпускники инженерных технических вузов, профессии которых будут напрямую связаны с информатикой, электроникой, кибернетикой и многими другими сферами деятельности, заинтересованы следить за передовым развитием современных информационных технологий. Научно-технический прогресс набирает все большую скорость и задача учреждений высшего образования – своевременно снабжать передовую молодежь современными знаниями с учетом последних открытий науки и технических изобретений. Профессорско-преподавательский состав вузов отвечает за качество знаний, предлагаемых студентам любых специальностей. Сейчас руководители образовательных учреждений обязаны следить за тем, чтобы учебные программы инженерно-технических специальностей своевременно отражали возникающие в мире научно-технические достижения. Поэтому на основе многолетнего стажа работы в высшей школе возникла идея создания учебной дисциплины, а затем и учебного пособия, способствующего расширению представления студентов инженерно-технических специальностей о последних достижениях в области когнитивных технологий.

Предлагаемое учебное пособие базируется на теоретико-методологических основах когнитивной науки, согласно которым когнитивистика изучает механизмы человеческого познания и закономерности их воспроизведения при помощи современных технических средств. Оно изложено на основе междисциплинарного подхода с учетом концепции NBIC-технологий.

Учебное пособие направлено на изучение когнитивных 3D-технологий и формирование инженерной составляющей подготовки специалиста в области информационных технологий с высшим образованием.

Целью учебного пособия является содействие в изучении основных направлений в области трехмерной визуализации данных в компьютерной технике, ознакомление с принципами создания тренажерной техники на базе аппаратуры трехмерной визуализации данных, анализ современных разработок в области когнитивных 3D-технологий и систем виртуальной реальности.

Учебное пособие состоит из двух разделов: «Системотехника когнитивных технологий виртуальной реальности» и «Прикладные когнитивные технологии», объединяющих в себе 16 глав.

В первом разделе дается вводный курс с описанием основных понятий специфики данной отрасли информационных технологий. Результаты исследований реализуются на конкретных примерах из реальной жизни. Раздел разбит на 9 глав. В центре внимания эффекты восприятия человеком трехмерной информации, такие, как стереоэффект, стереопсис, эффекты присутствия и взаимодействия. Далее проводится аналогия с принципами действия электронных систем отображения стереоскопической информации.

Во втором разделе рассматривается информация о прикладных когнитивных технологиях, последовательно объясняется суть каждой из областей их применения. Информация подтверждается специфическими примерами применения стереоскопической визуализации данных на производстве, медицине, интернет-торговле, транспорте, нанотехнике, космонавтике, тренажерной технике.

Содержание учебного пособия соответствует образовательному стандарту ОСВО 1-58 01 01-2013 и учебной программе по учебной дисциплине «Когнитивные технологии» для специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий».

Материал учебного пособия может эффективно дополнять информационные составляющие таких компьютерных дисциплин, как «Компьютерная графика», «Интерфейс в системах информационных технологий», «Психология взаимодействия человека с виртуальной реальностью» и др.

Раздел 1

СИСТЕМОТЕХНИКА КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Глава 1

СПЕЦИФИКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

1.1. Понятие «когнитивные технологии»

Национальный научный фонд США выпустил отчет NBIC, прогнозирующий развитие науки в ближайшие 50 лет, где «N» – это нанотехнологии, «B» – биотехнологии, «I» – информационные технологии и «C» – когнитивные технологии (очередной виток новой технологической революции).

Передовые ученые сейчас с «нано-», «био-», «инфо-» и «когно-» технологиями связывают будущее. При этом все четыре направления должны развиваться в плотной связке. Например, одна из тенденций информационных технологий – емкость электронных носителей – растет с большой скоростью. Скоро можно будет достать диск с надписью «Кино», на котором будут записаны все фильмы, когда-либо снятые Голливудом. В этом случае понадобится устройство, позволяющее отыскать нужную информацию, не тратя на это время и нервы. Это уже **когнитивные технологии**.

Понятие «cognitio» по латыни означает «познание». «Cognoscere» – «познавать, узнавать».

В толковом словаре С. И. Ожегова можно прочитать, что «**Технология** – это одновременно система совокупности знаний, навыков, умений, методов, способов деятельности и алгоритм, научная разработка решения каких-либо проблем».

Когнитивные методы – это методы *воздействия* на то, как люди получают и хранят знания. Анализ и управление теми факторами, которые влияют

на восприятие людей, — **суть** когнитивных методов. Термин «**КОГНИТИВНЫЙ**» описывает познавательную деятельность с точки зрения процессов информационного обмена человека с окружающей средой. **Когнитивная наука** изучает, как мы воспринимаем мир, как мыслим, на что обращаем внимание, как запоминаем и т. д. На основе ее открытий появились **когнитивные технологии** — это технологии, «работающие» с нашим познанием: оценивающие наше внимание, отслеживающие наше состояние, следящие за работой мозга и пытающиеся «понять» человека. Они «имитируют» мыслительную деятельность человека и основаны на моделях с нечеткой логикой (*fuzzy logic*) и на нейронных сетях (*neural networks*). **Целями** при создании **когнитивных систем** являются: получение новых знаний, принятие решений в сложных ситуациях и интеллектуальная обработка данных. Если мы не можем изменить поступающую к человеку информацию, изменить сами события и факты, мы можем в широких пределах *изменять его реакцию, правильно сформировав когнитивные факторы*. **Особенность** этого подхода: традиционные методы влияния на сознание людей, такие как пропаганда, основаны на попытках контролировать поступающую человеку информацию (утаивание фактов, дезинформация и т. д.), а **когнитивные методы** не изменяют саму информацию, но *создают условия, в которых она получает иной смысл и превращается в иное знание*. Если мы имеем возможность влиять на эти процессы, мы практически получаем самый прямой и простой путь влиять на поведение людей, ведь люди делают те или иные вещи в зависимости от того, что они знают и что они узнают о текущей ситуации. Все когнитивные факторы делают одно и то же — они влияют на то, в какое знание человек «упакует» поступающую извне информацию. Вариантов «упаковки» у каждого человека множество, но их число ограничено, т. е. *люди могут усваивать знания лишь определенной формы*.

Под «**когнитивными системами**» понимаются современные аппаратно-программные средства, использующие одноименные технологии.

1.2. Когнитивные модели инфокоммуникационных и социальных систем

Некоторые когнитивные системы способны повысить индекс качества жизни. Предположим, что проблемы со здоровьем у человека связаны с работой сердца и уровнем сахара в крови (рис. 1.1).

Беспроводные сети датчиков и исполнительных устройств выполняют функции рецепторов и акцепторов для подсистемы искусственного интеллекта.

Модель когнитивной инфокоммуникационной системы можно представить в виде многослойной конструкции (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Система «Персональный доктор» – пример возможностей, свойственных когнитивным системам

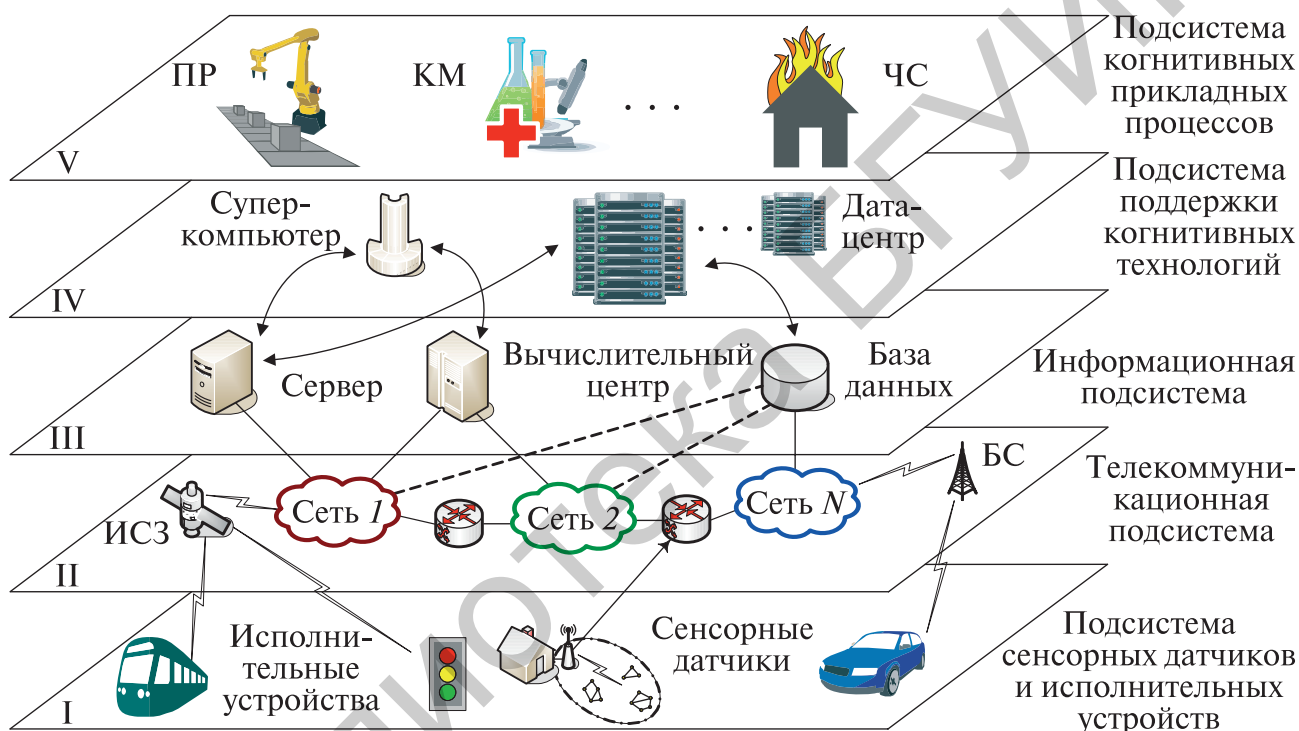


Рис. 1.2. Модель когнитивной инфокоммуникационной системы:

БС – базовая станция; ИСЗ – искусственный спутник Земли; КМ – когнитивная медицина; ПР – промышленный робот; ЧС – чрезвычайная ситуация

На уровне I подсистему можно рассматривать как терминалы. Функции этих средств различны. Но есть общее свойство: должны формироваться сообщения, преобразовываться в сигналы, передаваться на верхние уровни модели с целью получения информации для выполнения содержащихся в ней инструкций.

На уровне II задачи подсистемы заключаются в сборе информации с уровня I.

В состав подсистемы уровня III будут входить центры обработки вызовов, доступ к которым организуется через сети телефонной связи и Интернет.

На уровне IV выполняются вспомогательные функции для когнитивных систем. Их основная задача – выполнение вычислительных операций по обработке информации с целью принятия решений.

Реализуются когнитивные технологии именно на V уровне.

В качестве примера **когнитивной модели социальной системы** можно представить Республику Беларусь.

При анализе социальных систем с точки зрения управления когнитивными факторами в них целесообразно выделять три уровня — материальный, информационный и когнитивный. В случае белорусского государства как социальной системы:

1. **Материальный уровень** этой системы — ее территории и ландшафты, природные и биологические ресурсы, архитектура населенных пунктов и технические средства, транспортные пути, наконец, люди как конкретные наделенные физическими способностями существа.

2. **Информационный уровень.** К нему следует отнести механизмы власти, законодательство, средства массовой информации, содержание учебников, справочников, энциклопедий и других книг и документов, белорусскую ветвь Интернета, средства связи и т. п.

3. **Когнитивный уровень.** К нему относятся присутствующие в обществе когнитивные факторы: парадигмы, концепции и традиции, убеждения и верования, социальные мифы, культурные архетипы.

Упрощая дело, можно сказать, что эти уровни подчинены друг другу:

- материальный уровень системы управляется информационным уровнем. Например, природными ресурсами страны распоряжается власть через механизмы законодательства — механизмы государственного управления являются информационными механизмами. Поведение людей как существ также определяется информационным уровнем — законодательством, СМИ и др.;

- информационный уровень в свою очередь находится под влиянием когнитивного уровня. Когнитивные факторы придают тот или иной смысл содержанию информационного уровня, превращают его в то или иное знание.

Управляющая роль когнитивного уровня заключается в том, что он придает смысл объектам и процессам информационного уровня. Так, один и тот же закон может иметь для граждан совершенно разный смысл и направлять их к совершенно разным решениям и поступкам — в зависимости от когнитивных факторов.

Когнитивная модель познания. Сегодня когнитивная наука изучает человеческий мозг и процессы познания, исследует закономерности усвоения и использования знаний (поведение человека детерминировано его знаниями). *Когнитивистика призвана изучать механизмы человеческого познания и научиться воспроизводить их, используя современные технические средства.*

Когнитивная модель познания предполагает наличие следующих **этапов**:

1. Обнаружение и восприятие сенсорного стимула (или сигнала).

2. Дискурсивная активность (интерпретация, результатом которой являются вербальные или этологические (телесные) суждения субъекта познания о воспринятых стимулах).

3. Когнитивные структуры репрезентации преобразованных стимулов.

4. Выработка ответных реакций на основе имеющихся когнитивных структур и влияние сформировавшихся структур репрезентации на последующее восприятие входящей информации.

Общая когнитивная модель познания легко трансформируется для решения исследовательских задач в других областях психологической науки.

Когнитивная психология сделала психологию наукой и вошла составной частью в NBIC-конвергенцию, в структуру взаимобусловленного кластера нано-, био- и инфотехнологий и когнитивной науки (рис. 1.3).

Термин «NBIC-конвергенция» отражает новый взгляд научного сообщества на перспективы трансдисциплинарной интеграции знаний и технологий.

Вопреки границам дисциплинарной принадлежности и приверженности к разным научным школам сегодня ученых объединяет парадигма, теория и методология когнитивной науки.

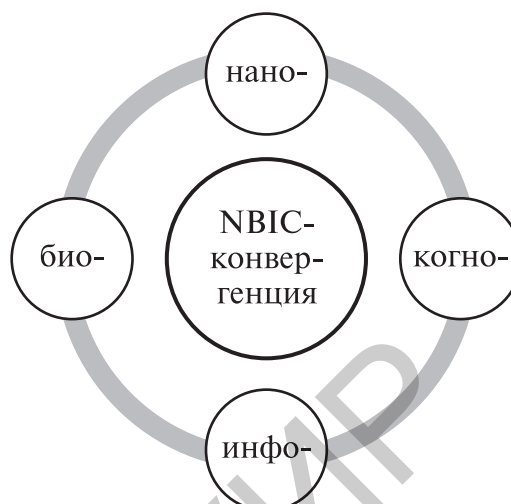


Рис. 1.3. Трансдисциплинарная модель NBIC-конвергенции

1.3. Области применения когнитивных технологий

Можно выделить следующие области применения когнитивных технологий:

1. Нейровизуализация и нейромаркетинг. Разобравшись с работой мозга человека, например, с помощью **магнитно-резонансной томографии**, можно будет научиться воспроизводить полностью или частично его особенности. Это и будет началом реально действующего искусственного интеллекта, способного к обучению или творчеству. Человеку показывают варианты новой упаковки для молока и смотрят, как реагирует его мозг, какие зоны активизируются, а какие остаются спокойными. Экспериментаторов совершенно не интересует, нравится испытуемому реклама или нет, важно, как реагирует мозг. По заверениям нейромаркетологов, технология позволяет конструировать рекламные ролики таким образом, чтобы они вызвали максимально положительную реакцию людей и как можно прочнее впечатывались им в подсознание.

2. Когнитивные ассистенты — системы адаптивной поддержки в динамически меняющихся технических средах. Они позволят, например, понять состояние водителя и не просто заблокировать машину, но и самостоятельно отвезти владельца в нужное место. Компания «Нейроком» Института радиотехники и электроники РАН выпускает датчики бодрствования машиниста, системы проверки психофизиологического состояния оператора, которые призваны фиксировать ранние признаки засыпания.

Примером могут служить системы гиперкоммуникации, которые подчас превосходят по своим возможностям прямое общение. Они помогут людям, находящимся на расстоянии, следить за вниманием друг друга. Еще один пример – **окулография** – технология, отслеживающая движение зрачков (рис. 1.4), которая поможет парализованным людям, маркетологам, водителям, летчикам, специалистам опасных профессий.



Рис. 1.4. Технология окулографии

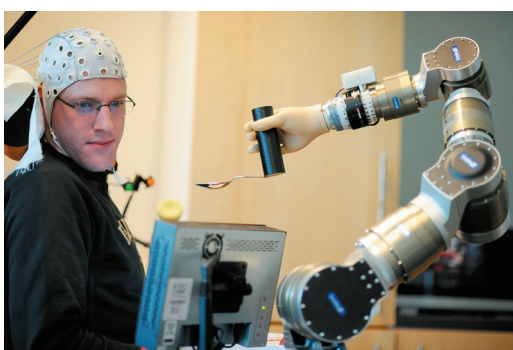


Рис. 1.5. Технология электроэнцефалографии

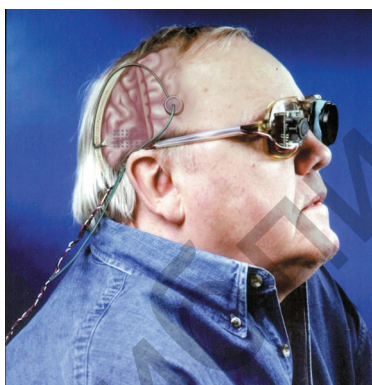


Рис. 1.6. Технология нейропротезирования

3. Интерфейсы для мозга. Например, интерфейсы вида «мозг – компьютер» с помощью **электроэнцефалографии** (рис. 1.5) и других методов скоро заменят привычные клавиатуры, мыши и сенсорные панели. Станет доступно **мысленное управление любыми устройствами**.

4. Искусственные органы чувств. Передача напрямую через внедренные электроды в мозг изображения, минуя глаз с глазным нервом, поможет обрести зрение многим слепым людям. И наоборот, можно создавать и другие органы чувств, не только взамен нарушенных, но и улучшенные, ведь сенсоры могут быть чувствительнее человеческих органов чувств. **Нейропротезы** намного превзойдут по своим возможностям наши руки и ноги (рис. 1.6). Настанет пора радикального апгрейда человека.

5. Когнитропные препараты. Лекарства, улучшающие интеллект и память, сокращающие сон и помогающие сконцентрироваться,

становятся все эффективнее – «косметика для ума». Например, средства от болезни Альцгеймера.

6. Интеллектуальные роботы. Механические устройства, все более и более похожие на человека не только внешне, но и интеллектуально, которые бы умели шутить, сопереживать человеку, понимать и поддерживать его. Роботов нужно научить видеть (узнавать объекты, определять их расположение), слышать (распознавать устную речь), думать (быстро принимать решения). Например, «Проект эмоциональных агентов» Института лингвистики Российского государственного гуманитарного университета (РГГУ). В нем за основу

берется эмоциональное поведение живых людей – их речь, интонации, мимика, поведение. Получившаяся модель алгоритмируется и превращается в программный код. В результате на экране компьютера уже общаются рисованные персонажи, способные и пошутить, и разозлиться.

7. Автоматический анализ текстов. Нейроэкономика. Сейчас миром правит уже не тот, кто владеет информацией, а тот, кто умеет информацию фильгровать и обрабатывать. Это – электронные переводчики или системы распознавания рукописного текста и голоса. Например, компания Cognitive Technologies в системах управления на предприятиях применяет механизм абстрактного мышления в системах искусственного интеллекта.

8. Когнитивный анализ и нейрополитика. Когнитивные методы могут не менее успешно применяться не для воздействия на людей и общество, а для анализа его состояния и прогнозирования (рис. 1.7).

На базе обработки обычного изображения с веб-камеры уже сегодня можно осуществлять анализ эмоций человека. Например, выступление политиков, улыбка Моны Лизы. Странность выражения ее лица заключается в том, что на 83 % она счастлива, на 8 % испытывает отвращение, а на 6 % – страх. Причем Леонардо Да Винчи закодировал эти эмоции в разных частях изображения. Если вы оглядываете ее лицо бегло и не смотрите в область рта, то увидите только положительные эмоции, а если внимательно посмотрите в область рта, то ничего положительного там не увидите. Так называемая «улыбка» Моны Лизы – явное выражение отрицательных эмоций».

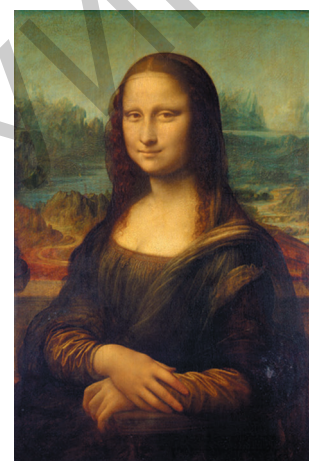


Рис. 1.7. Технология когнитивного анализа известной картины Леонардо Да Винчи

Еще один прикладной метод – **когнитивный анализ** отдельной личности. Анализируя фактические поступки, речь человека, например, политика, можно с большой достоверностью реконструировать влияющие на него когнитивные факторы, а значит: 1) получить представление о наиболее доступных когнитивных методах влияния на него; 2) иногда **воссоздать имеющиеся** у него **знания**, даже если он намеренно их скрывает.

Если рассматривать не отдельного человека, а целое сообщество (когнитивный анализ сообщества) подобным методом, можно получить аналогичный результат: 1) найти точки, наиболее привлекательные для когнитивных вмешательств; 2) выделить скрытые знания и убеждения, действующие в обществе.

9. Когнитивная графика и виртуальная реальность. Здесь речь идет о новых направлениях в области человеко-машинного взаимодействия и искусственного интеллекта – системах когнитивной графики и виртуальной реальности. Направление работ по когнитивной графике бурно развивается. Уже существует много подобных систем: в медицине – для моделирования, в промыш-

ленности — для поддержки принятия решений по управлению сложными технологическими системами и многое другое.

10. Когнитивная технология формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности как упреждающая адаптация к предстоящим ситуациям. Зная заранее типичные реакции на предстоящие трудности в конкретных условиях жизнедеятельности и используя когнитивные методы, возможно **изменять представления, восприятия и поведение** человека в них, **правильно сформировав когнитивные факторы**. Например, специалисты анализируют значимые когнитивные факторы для конкретного мигранта: парадигмы, концепции, традиции, убеждения, верования. Детерминируя условия предполагаемой жизнедеятельности, они сравнивают различия и совпадения. В зависимости от результата они либо переформируют взгляды респондента в сторону совпадений, что позволяет ему эффективно адаптироваться в новых условиях жизнедеятельности, либо помогают ему принять решение изменить планы. При помощи такой технологии можно избежать множества негативных случаев дезадаптации, депрессий, разочарований, вплоть до суицида.

1.4. Современная когнитивная технология графики. Понятие и основные функции

Когнитивная графика — это совокупность приемов и методов образного представления условий задачи, которая позволяет либо сразу увидеть решение, либо получить подсказку для его нахождения.

В качестве простого примера можно привести известный эффект, когда любая фотография, переведенная в черно-белый цвет, воспринимается более «документальной» и «значимой», нежели цветная.

Тут цветность — когнитивный фактор, тонко влияющий на смысл информации, заключенной в фотоизображении (цветная вклейка, рис. 1.1).

Термин «когнитивная графика» впервые был рассмотрен русским ученым А. А. Зенкиным в его работе «Когнитивная компьютерная графика» по исследованию свойств различных понятий из теории чисел. Используя зрительные образы абстрактных числовых понятий, он получил результаты, которые раньше получить было невозможно.

Выделяются две **функции систем когнитивной графики: иллюстративная и познавательная**. *Первая* функция обеспечивает чисто иллюстративные возможности, такие, как построение диаграмм, гистограмм, графиков, планов и схем, различных картинок, отражающих функциональные зависимости. Иными словами, то, что уже существует либо в окружающем нас мире, либо как идея в голове исследователя. *Вторая* позволяет человеку активно использовать свойственную ему способность мыслить сложными пространственными образами, чтобы с помощью некоего изображения получить новое, т. е. еще

не существующее даже в голове пользователя знание или, по крайней мере, способствовать интеллектуальному процессу получения этого знания.

Различия между иллюстративной и когнитивной функциями компьютерной графики весьма **условны**. Иногда обычная графическая иллюстрация может натолкнуть изучающего на новую мысль, позволит увидеть некоторые элементы знания, которые не «вкладывались» разработчиком ранее. Таким образом, *иллюстративная по замыслу функция графического изображения превращается в функцию когнитивную*. С другой стороны, когнитивная функция интерактивного графического изображения в дальнейших экспериментах превращается в функцию иллюстративную для уже «открытого» и, следовательно, уже не нового свойства изучаемого объекта.

В искусственном интеллекте термин **«когнитивная графика»** трактуется как **совокупность методов и средств представления знаний и работы с ними на уровне графических (статических и/или динамических) 2D- или 3D-образов**. Когнитивная графика отражает принципиальный переход от иллюстрирующих изображений к видеообразам, способствующим решению задач и активно используемых для этого.

1.5. Применение средств виртуальной реальности в когнитивных технологиях

В ближайшем будущем интерфейс станет трехмерным. Ведь 3D-принтеры могут пока создавать статические трехмерные объекты. **Виртуальная реальность — когнитивная технология, основанная на использовании зрительных иллюзий, на обмане наших чувств**. В ней возможна динамика трехмерных объектов. **Отличие** систем когнитивной графики и виртуальной реальности от обычных графических систем **состоит** в эксплицитном (реалистичном) представлении знаний о графических объектах и процессах. Подобные системы предполагают единообразное описание не только графически элементарных объектов, но и сложных. *Созданные компьютером образы, трансформирующиеся во внутреннее представление компьютера, позволяют активизировать представления об объектах, недоступных прямому наблюдению или вообще не имеющих образного представления в обычной реальности*. Таким образом, **виртуальная реальность — созданный техническими средствами мир (объекты и субъекты), передаваемый человеку через его органы чувств: зрение, слух, обоняние и осязание**.

3D-моделирование — создание трехмерной модели мира при помощи формы и цвета. 3D-рисунок не просто рисунок, а модель реального мира. Можно проектировать любые объекты, интерьеры, здания и комплексы. При современных технологиях 3D-графика может точно показать, как будет выглядеть еще не построенный жилой дом в окружении уже существующих строений. И все это с помощью 3D-модели. Можно разработать несколько вариантов постройки дома или дизайна комнаты, чтобы потребитель мог выбрать понравившийся.

Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности производится **в реальном времени**.

Объекты виртуальной реальности обычно ведут себя **близко к поведению аналогичных объектов материальной реальности**. Пользователь может воздействовать на эти объекты в согласии с **реальными законами физики** (гравитация, свойства воды, столкновение с предметами, отражение и т. п.). Однако часто в развлекательных целях пользователям виртуальных миров позволяет больше, чем возможно в реальной жизни.

Системами виртуальной реальности называются устройства, которые более полно по сравнению с обычными компьютерными системами имитируют взаимодействие с виртуальной средой путем воздействия на все пять имеющихся у человека органов чувств.

Основным элементом систем виртуальной реальности является развитая система межактивной стереоскопической визуализации мнимого (виртуального) пространства и перемещающихся в нем реалистических объектов.

Посредством этой системы происходит:

- полное погружение сознания человека в компьютерную модель;
- чувственное и интуитивное изменение воспринимаемых образов и изменение мышления;
- выполнение прямых манипуляций с синтезированной моделью в виртуальном трехмерном пространстве.

Для визуализации изображений 3D-мира при помощи плоских экранов обычно используется технология проецирования 3D-объектов на плоскость. Создать иллюзию движения 3D-объекта на плоском экране не сложно, но при этом эффект ощущения объемности пространства значительно снижается.

Для генерации динамичных 3D-сцен применяются специальные программы (3D-движки), которые в реальном времени для любой сцены – комбинации расстановок и положений 3D-объектов – формируют 2D-проекцию и изображают ее на экране. Это то, что видит наблюдатель из определенной позиции относительно наблюдаемой сцены. При этом учитывается удаленность и взаимное расположение объектов сцены относительно позиции наблюдения, а также взаимные перекрытия объектов, освещенность, тени, прозрачность – все то, что требуют законы оптики.

1.6. Упреждающая адаптация как когнитивная технология формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности

Во все времена перемена условий жизнедеятельности влечет за собой необходимость изменения представлений об уже устоявшейся реальности на новые. От способности изменять свои образы, приспособливая их к новой дей-

ствительности, и зависит успешность адаптации. Каждый человек испытывает состояние адаптации тогда, когда его внутренний информационный запас соответствует информационному содержанию ситуации, т. е. когда система, в которой оказался человек, работает в условиях, где ситуация не выходит за рамки индивидуального информационного диапазона. С помощью когнитивных технологий становится возможным осуществить так называемую упреждающую адаптацию к новым условиям жизнедеятельности посредством целенаправленного формирования представлений о них.

Примером успешного использования подобных технологий может служить взятие крепости Измаил русскими войсками под командованием А. В. Суворова в 1790 г. Объехав периметр крепости, А. В. Суворов оценил предстоящие условия жизнедеятельности. Зная особенности реакций и стереотипы, бытующие тогда у русского войска, он поставил задачу их изменить, правильно сформировав когнитивные факторы. Он приказал смонтировать модель крепостных валов, укреплений и рвов общей высотой с пятиэтажный дом вдали от осажденной крепости. Шесть дней и ночей А. В. Суворов лично тренировал солдат в учебном штурме модели крепости Измаил. Надменный отказ турок о сдаче крепости без боя был зачитан и объяснен каждому русскому солдату (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Упреждающие мероприятия, примененные А. В. Суворовым до попадания войск в новые условия жизнедеятельности, позволили значительно снизить адаптационные трудности во время штурма

Таким образом, когнитивные методы, примененные А. В. Суворовым, не изменяли саму информацию о крепости, но создали условия, в которых она получила совсем иной смысл и превратилась в иное знание. Солдаты перестали бояться боевых действий на высоте, приспособились вести огонь, стоя на лестницах и т. д. Крепость была взята, несмотря на численное преимущество обороняющегося противника и уверенность всей Европы в непобедимости Измаила. Успех был обеспечен тщательностью и скрытностью упреждающих мероприятий, внезапностью действий и одновременностью удара всех колонн, ясной и точной постановкой целей. Что и явилось результатом осу-

ществления по сути упреждающей адаптации как когнитивной технологии формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности.

В практическом смысле адаптация может быть двух основных видов: ситуативная адаптация при изменении условий внешней среды (по факту свершения) и перспективная упреждающая адаптация, базирующаяся на обнаружении и заблаговременном учете тенденций изменения внешней среды (ожидаемая заранее).

Феномен упреждающей адаптации характерен для эволюции животного мира. Он занимает весьма важное место в сложном процессе адаптации индивида к изменяющимся условиям среды. Адаптационные механизмы по своей биологической природе обращены в будущее. Они служат для защиты человека от повреждений в предстоящих встречах с опасными факторами среды. Предвосхищение, предвидение, прогнозирование, антиципация, опережающее отражение действительности, т. е. приспособление к будущим, еще не наступившим событиям дает организму способность опережать ход внешних событий и оптимально приспосабливаться к будущим, иногда опасным явлениям внешнего мира задолго до того, как эти явления будут иметь место. То есть мысленная модель ожидаемых результатов в этом случае может выполнять функцию подготовительного этапа адаптации. Сущность предвидения можно представить как способность заглядывать вперед, выходить за пределы наличного, оценивать будущее и предпринимать соответствующие подготовительные меры. И управление этими процессами с позиций когнитивных технологий имеет далеко идущие перспективы.

Основными постулатами алгоритма когнитивной технологии формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности являются следующие:

1. Вероятность возникновения затруднений в новых условиях жизнедеятельности и успешного безболезненного их преодоления является функцией количества информации, которой располагает человек, собирающийся в новую среду (адаптант), и характерологических особенностей его личности. Следовательно, детерминируя предстоящие условия жизнедеятельности, специалистам по когнитивным технологиям целесообразно заранее выявить типичные затруднения, встречающиеся в процессе адаптации к ним.

2. Адаптация на психологическом уровне происходит в конкретных предметно-пространственно-временных условиях. А значит, на начальном этапе следует определить совпадения «опорных субъективных ценностей» адаптанта в текущей ситуации и предстоящей. Под **опорными субъективными ценностями** следует понимать предметно-духовные (материально-духовные) ценности, отсутствие каждой из которых является одной из совокупности причин, приводящих субъект к жизненному дискомфорту (*дезадаптации*).

3. Когнитивные факторы влияют на то, в какое знание человек упакует поступающую извне информацию. Далее, в процессе общения с адаптантом, учитывая парадигмы, концепции, традиции, убеждения, верования, стерео-

типы, ему присущие, выявляются опорные субъективные ценности текущей ситуации, которые могут быть **скомпенсированы** для него другими объектами, имеющимися в предстоящей ситуации.

4. Обладая информацией о новых условиях жизнедеятельности и особенностях личности адаптанта, мы можем в широких пределах *изменять его реакцию, правильно сформировав когнитивные факторы*. А для этого с адаптантом необходимо провести специально разработанные упреждающие мероприятия, формирующие у него эффективные способы реагирования на вероятные затруднения в новых условиях жизнедеятельности.

5. Умело управляя теми когнитивными факторами, которые влияют на восприятие адаптанта, можно переформировать его существующие представления, в которых доминировали опасения и сомнения или, наоборот, излишняя самоуверенность. И чем более адекватны будут сформированные у адаптанта таким методом представления о новых предстоящих условиях жизнедеятельности и способы на них реагирования, тем более эффективна и успешна будет и фактическая адаптация в них.

Недаром народная поговорка гласит: «Предупрежден — значит, вооружен», а в нашем случае — «как предупрежден» — это уже и есть когнитивная технология.

Таким образом, под технологией упреждающей адаптации следует понимать когнитивную технологию формирования представлений о новых условиях жизнедеятельности. Она заключается в оценке возможных трудностей адаптации к новым условиям жизнедеятельности, учете совпадений опорных субъективных ценностей текущей ситуации и предстоящей и осуществлении специально разработанных на основе этого мероприятий, формирующих адекватные представления о новых условиях жизнедеятельности и эффективные способы реагирования на них.

Глава 2

СТЕРЕОЭФФЕКТ В ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНИКА ЕГО ВОССОЗДАНИЯ

2.1. История развития двухмерной визуализации данных

Первоначально в компьютерной индустрии эффект присутствия создавался при помощи отдельной подачи синтезированного телеизображения на каждый глаз человека. Впервые этот метод был применен американцем Джароном Ланье, создавшим в 1984 г. в Силиконовой долине «Visual Programming Language Research, Inc». Это предприятие разработало ключевые технические компоненты метода: перчатку, шлем виртуальной реальности и программное обеспечение. Понятие «виртуальная реальность» первым ввел Дж. Ланье. После активации шлема и включения системы виртуальной

реальности (ВР) спецдатчик отслеживает положение головы игрока. Компьютер на основе этих данных синтезирует картину виртуального мира, видимую именно с этой точки виртуального пространства и именно под такими углами зрения. Два телевизора на шлеме (по одному на каждый глаз) показывают эти изображения человеку. Если он повернет голову — компьютер построит новую картину мира.

До появления так называемых дум-образных игр игрок наблюдал за перемещением персонажа со стороны. Совместить игрока с персонажем в одно целое и таким образом резко увеличить эффект присутствия удалось за счет систематического использования психологических методов. Другой науки, изучающей процесс построения образа мира в человеческом сознании, просто не существует. В сущности психология изучает процессы отражения психикой человека объективной реальности посредством преобразования психических образов. Основной категорией психологии считается психический образ, который и является регулятором жизнедеятельности человека. Больше всего применяется в дум-образных играх так называемый экологический подход к зрительному восприятию американского психолога Джеймса Гибсона. *Исходная точка этой теории — роль зрения в естественном отборе.* Почему оно возникло и существует? Потому что повышает приспособляемость: у слепого меньше шансов выжить. В чем уникальность зрения? Оно дает возможность на расстоянии «ощупывать» и «пробовать» предметы и среду, не вступая с ними в непосредственный контакт.

Чем лучше зрение, тем раньше человек заметит хищника и быстрее найдет укрытие, тем вернее оценит надежность опоры под ногой или шансы преодолеть преграду — стену или пропасть. Там, где визуальная информация не влияет на выживание (с точки зрения сотен тысячелетий эволюционного опыта), возможны иллюзии: расстояние до Луны оценивается «на глаз» как сто-двести метров, «свинцовые» облака без всякой опоры висят в воздухе, а параллельные рельсы пересекаются у горизонта.

Человек постоянно сканирует среду в поисках новой информации. Световой поток на сетчатке постоянно меняется. Как только в форме границ световых пятен, в соотношении их цветов, яркости и контрастности мозг опознает уже виденное, то в субъективной картине мира появляется еще один образ. *Совокупность его признаков называется инвариант.* Например, инвариант неба — текстура с размытым рисунком, неподвижная при продольных и поперечных перемещениях, но поворачивающаяся вместе с поворотом головы. Цвет не важен.

Инвариант объема пространства — степень «посинения» удаленных объектов: их цвет изменяет воздух и содержащаяся в нем пыль. Когда горожане попадают в горы, где воздух разрежен, а пыли почти нет, этот инвариант приводит к ошибке: все кажется ближе, чем на самом деле.

Обычно важные для выживания инварианты дублируют друг друга, поэтому взрослый человек в привычной для него среде редко ошибается.

Инвариант присутствия (где-либо) — кончик носа. В реальном мире нос всегда в поле зрения человека. Относительно него, вернее, расплывчатого пятна, которым он представлен, определяются все движения внешнего мира. Как только игрок готов принять кончик ствола на экране компьютера за этот инвариант — он попадает в мир дум-образной игры.

Образ мира человек строит в ходе своего взаимодействия с ним. Он редко на что смотрит неподвижно, обычно в разглядывании участвует все тело: подходит ближе, отходит дальше, наклоняет голову, поворачивает предмет в руках. В виртуальной реальности изменять точку зрения позволяют движения шлема и перчатки-указателя, в дум-образной игре — работа с «мышью» и клавиатурой.

Мощность эффекта присутствия зависит от готовности игрока создать образ и от того, насколько предложенный материал позволяет это сделать (менять точку зрения, пока не будет обнаружен инвариант). Многие из того, что видит игрок, может увидеть только искренне желающий увидеть именно это.

Реалистичность образа в игре во многом зависит от того, насколько художнику удастся правильно подобрать для него инвариант. Особенно это касается сложных объектов — таких, например, как пламя огня или поверхность воды.

«Простейшей» визуализацией с современной точки зрения были наскальные рисунки. Затем — планы, схемы, карты. Например, иероглифы могут означать целые слова и понятия (идеограммы), а также отдельные звуки и слоги (как элементы алфавитного и илلابического письма).

На разработку методов визуализации потребовались тысячи лет развития человеческой культуры и науки.

Двухмерная визуализация — изображение на плоскости, на листе бумаги или на экране.

Визуализацией функций и уравнений в математике является построение их графиков; простая визуализация магнитного поля возможна при помощи железных опилок, нанесенных на лист бумаги; ультразвуковая дефектоскопия использует методы поверхностного рельефа и диска Рэлея; визуализация звука возможна при создании хладниевых фигур и т. д.

Изначально термин «визуализация» использовался в отношении процессов представления данных для их более наглядного изображения, но сейчас используется и в переносном значении, для описания психологических, литературных и других процессов и понятий.

2.2. Некоторые методы двухмерной визуализации

С древнейших времен человечество применяет разнообразные методы двухмерной визуализации. Основными являются следующие методы:

- **рисунок** является первой в мире сознательной попыткой визуализации образов для их демонстрации другому человеку. Создание письменности по-

зволило человечеству передавать индивидуальный опыт многим людям, надежно сохраняя его для следующих поколений;

- **графики** предназначены для иллюстрирования математических понятий, функциональных зависимостей или связей между объектами (теория графов);
- **диаграммы** позволяют иллюстрировать количественные соотношения в определенной области. Существует множество типов диаграмм.

Диаграммы, основанные на применении графов, удобны для представления маршрутов, путей, связей между объектами.

Диаграммы, схожие с графиками, представляют связь между двумя переменными, которые принимают либо дискретный, либо непрерывный набор значений.

2.3. Развитие техники, позволившее перейти к когнитивным технологиям трехмерной визуализации данных

Техника развивалась и накапливала свою вычислительную мощность, так и происходил переход к 3D-визуализации, как динамической (анимация, псевдостереоскопия) так и стереоскопической. На рис. 2.1 представлены некоторые примеры первых 3D-технических устройств.



Рис. 2.1. Видеокамера и телевизор с 3D-дисплеем

Например, игра Quake (1996 г.) еще не полностью 3D, но по свободе перемещения — полный 3D.

Держа в руках качественную фотографию, возникает вопрос: «Чего не хватает фотоснимку для воспроизведения объемности?»

Одним из методов получения объемного изображения является фотография, а для придания объемности изображению используются два снимка, сделанные с различных ракурсов и затем сведенные вместе с помощью технических приспособлений (рис. 2.2).

Стереоскопия — метод получения изображений, создающих впечатление объемности предметов и их пространственного расположения.



Рис. 2.2. Двойные фотографии

«Качающаяся» стереоскопия

Технология GIF-анимации позволяет создать ощущение объема даже при монокулярном зрении (рис. 2.3). Похожий механизм восприятия объема реализует и природа – например, куры, качая головой, обеспечивают высококачественное восприятие.

Известны методы получения объемного изображения на экране путем компьютерного моделирования двух 2D-разнесенных проекций объекта и их объединения в единый 3D-стереоскопический образ, как статический, так и динамический. Этот эффект основан на задержке зрительного образа. Как в киноленте поток движущихся статичных снимков создает «иллюзию движения».

Считается, что каждый глаз регистрирует свою пространственную проекцию объекта на сетчатке.



Рис. 2.3. Пример использования технологии GIF

2.4. Понятие стереозффекта и техника его воссоздания

Стереозффект – ощущение протяженности пространства и рельефности, возникающее при наблюдении реальных объектов, рассматривании стереопар, стереофотографий, стереоизображений и голограмм (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Стереозффект

Стереозффект – эффект наблюдения пространственной глубины и объемности изображений.

Стереозффект возникает при соблюдении следующих основных условий:

- каждый глаз воспринимает только одно изображение;
- изображения размещены относительно глаз, чтобы соответственные (от одноименных точек) зрительные лучи пересекались;
- разномасштабность изображений не превышает 16 %.



Рис. 2.5. Метод перекрестного взгляда

Метод перекрестного взгляда (cross-eyed method) – простой способ понять, что такое стереоэффект (рис. 2.5).

Безусловным достоинством метода перекрестного взгляда, обеспечившим ему широкое распространение, стала простота освоения. Если вы никогда ранее не сталкивались с этим методом просмотра стереоизображения, сделайте следующее: поместив палец между глазами и экраном монитора, взгляните на его кончик.

Вы увидите три несфокусированных изображения (стереограммы) на заднем фоне. Все они должны быть одного размера, если это не так, сдвиньте палец слегка вперед или назад. Сосредоточьтесь на среднем изображении, плавно убирая палец из поля зрения. Среднее изображение постепенно сфокусируется, и вы увидите объемное 3D-стереоизображение. На практике освоение этого способа просмотра стереоизображений занимает от одной до пяти минут.

Метод параллельного взгляда позволяет посмотреть полноцветную стереокартинку без наличия какого-либо оборудования, стереоэффект достигается за счет сведения глаз дальше плоскости изображения (рис. 2.6). Способ пригоден только для просмотра относительно небольших изображений размером 60–70 мм каждое, что обусловлено межзрачковым расстоянием человека.



Рис. 2.6. Метод параллельного взгляда

Метод параллельного взгляда, при котором глаза смотрят как бы дальше изображения, предпочтительнее, поскольку вызывает меньшее напряжение глаз. С одной стороны, кросс-пара может быть произвольного размера и произвольно отмасштабирована при просмотре, с другой стороны – мнимое изображение возникает между экраном и наблюдателем, что ограничивает размеры изображенного объекта либо превращает его в «кукольную копию».

Метод зеркального разделения изображений (mirror split) позволяет обойтись без напряжения взгляда, применяя зеркало для разделения полей обзора. Стереокартинка для данного метода так же, как и для предыдущего, представляет собой левый и правый кадры, только один из них зеркально перевернут. Зеркало ставится перпендикулярно лицу, вплотную к переносице, и перпендикулярно же картинке, в место разделения левого и правого кадра. Обычно левый кадр зеркально отражен относительно истинного положения объекта. В этом случае нужно смотреть обоими глазами направо: правый глаз смотрит на правую картинку, левый через зеркало — на левую. Плавно подстраивая зеркало, нужно совместить изображения так, чтобы возник стереозффект. Достоинство: используя лишь подручные материалы, можно получить полноцветное стереоизображение. Недостаток: приходится размещать лицо близко к экрану либо использовать очень длинное зеркало. Для больших изображений нужны широкие зеркала, что в сочетании может создать довольно громоздкую конструкцию.

Стереозффект Пульфриха — зрительная иллюзия. Этот формат применяется только в видео, т. к. для достижения объемного эффекта снимаемый объект должен постоянно вращаться (рис. 2.7).

Стереозффект наблюдается при просмотре такого видео через специальные очки (рис. 2.8), одно стекло которых затемнено, а другое — обычное или отсутствует вовсе.

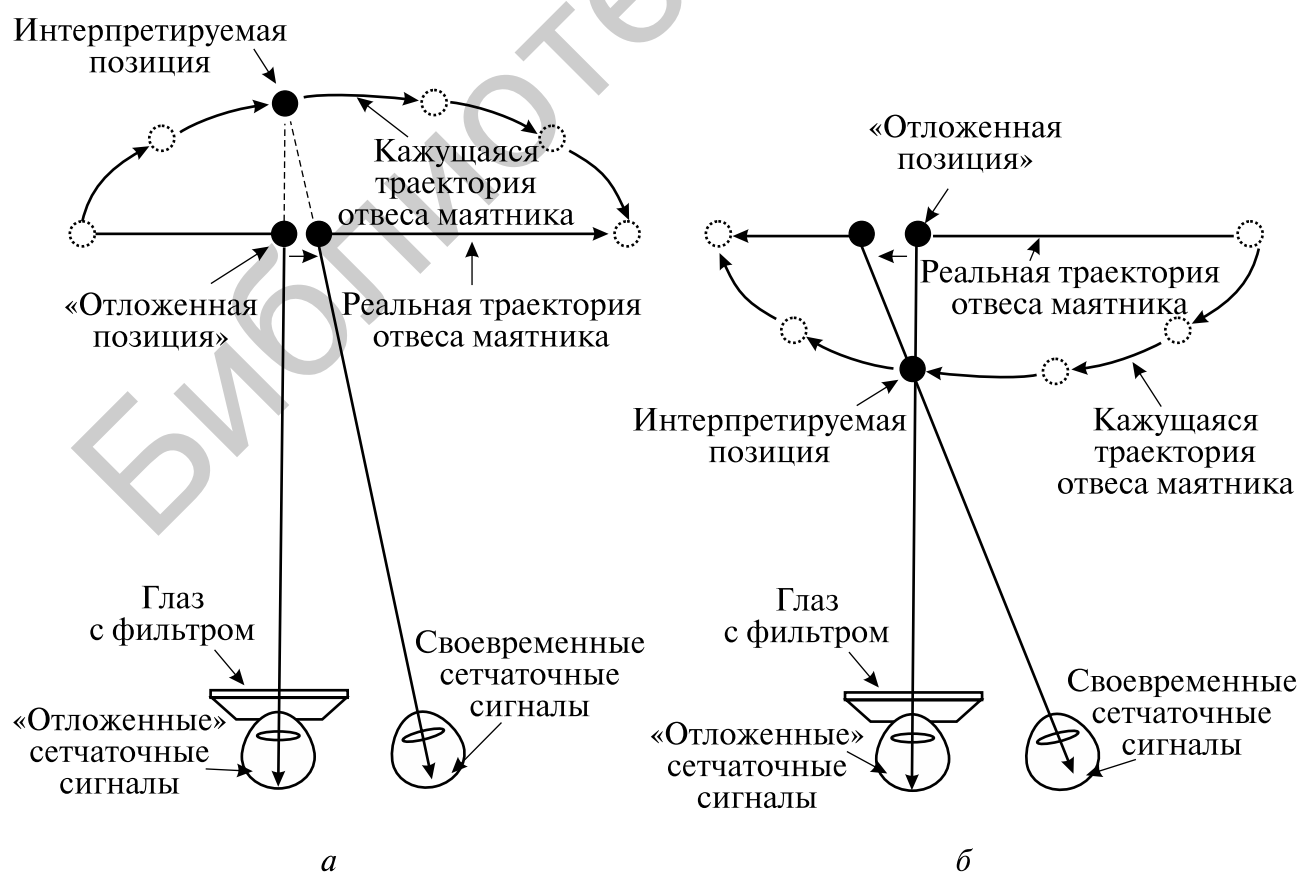


Рис. 2.7. Структурная схема стереозффекта Пульфриха



Рис. 2.8. Очки Пульфриха

Секрет заключается в том, что мозг дольше распознает затемненную картинку, чем обычную. Поэтому мозг как бы в одно время получает два разных ракурса снимаемого объекта. Причиной этого эффекта является различие латентных периодов ощущений, вызванных воздействием света разной длины волны. При просмотре такого видеоролика без очков нет 3D-эффекта.

Когда наблюдатель, один глаз которого прикрыт фильтром, смотрит на маятник, описывающий прямую дугу в плоскости, перпендикулярной линии его взгляда, ему кажется, что маятник описывает эллипс. Причина — «отложенные сигналы» от того глаза, который прикрыт фильтром. Перцептивный эффект — в кажущемся смещении отвеса маятника в сторону от наблюдателя при его движении слева направо, т. е. от участка поля зрения, прикрытого фильтром, к участку без фильтра (см. рис. 2.7, а), и в смещении к наблюдателю, когда отвес маятника смещается в противоположном направлении (см. рис. 2.7, б).

В обоих случаях кажущиеся траектории, созданные сериями интерпретированных позиций отвеса маятника, соответствуют серии визуальных сигналов, которые достигли бы обоих глаз, если бы отвес маятника действительно то удалялся от наблюдателя, то приближался бы к нему, т. е. если бы отвес маятника двигался вглубь.

2.5. Виды стереоэффекта и области его применения

Различают прямой, обратный и нулевой стереоэффект.

Прямой стереоэффект соответствует действительному пространственному положению точек объекта и возникает, если левое и правое изображения рассматриваются соответственно левым и правым глазом. Перемена изображений местами приводит к **обратному стереоэффекту**, а поворот их на 90° — к **нулевому стереоэффекту** (плоскому восприятию). Получение стереоэффекта облегчается при использовании стереоскопа.

Стереоскоп — оптическое устройство, изобретенное в 1833 г. английским физиком И. Уитстоном, позволяющее независимо предъявлять правому и левому глазу два диспаратных изображения одного и того же предмета.

На сегодняшний день стал очень популярным явлением просмотр фильмов в формате 3D. Рассмотрим основные используемые в настоящее время технологии показа стереофильмов: **Dolby 3D**, **XpanD**, **RealD**, **IMAX**.

Dolby 3D (ранее известная как Dolby 3D Digital Cinema)

Это торговая марка Dolby Laboratories, Inc. для показа трехмерного кино в цифровых кинотеатрах. Главное преимущество перед конкурирующими системами с пассивными поляризационными очками для зрителей в том, что

для показа подойдет обычный экран, что может уменьшить стоимость расходов на перевод кинотеатра в формат цифрового 3D.

Технология. В проектор перед лампой устанавливают синхронизированный через контроллер специальный съемный вращающийся дисковый фильтр с сегментами, формирующий через кадр изображение для каждого глаза отдельно, которое смешивается с помощью пассивных спектральных очков многократного пользования, выдаваемых зрителям.

Технология, используемая для создания стереозффекта, называется «визуализация через волновое умножение», или технология интерферентной фильтрации и лицензирована Dolby у немецкой компании Infitec GmbH (сокращение от Interferenzfiltertechnik).

XpanD 3D

Это технология стереоскопического проецирования, разработанная компанией NuVision и продвигаемая компанией X6D Limited.

Технология. В технологии XpanD используется затворный метод разделения изображений для левого и правого глаз (рис. 2.9). Изображения проецируются поочередно, а в активных очках смонтированы ЖК-затворы, которые синхронно с проектором поочередно закрываются, позволяя каждому глазу видеть только свое изображение. Сигнал синхронизации передается на очки с использованием инфракрасного излучения.



Рис. 2.9. Модель разделения изображений для левого и правого глаз

Эта технология, в отличие от поляризационных IMAX 3D и RealD, не требует специального экрана, в связи с чем стоимость переоборудования кинотеатра при внедрении стереопоказа оказывается ниже.

RealD XL Cinema System – это модификация технологии RealD, предназначенная специально для киноэкранов больших размеров.

Эта технология позволяет проецировать с помощью одного проектора трехмерные фильмы на киноэкраны шириной до 24 м, в то время как стандартная RealD обеспечивает размер проекции только до 13,7 м.

IMAX – формат фильмов и кинотеатров, разработанный канадской компанией IMAX Corporation. Формат рассчитан на большие размеры экрана в сравнении с обычным кино и лучше оптимизирован для просмотра 3D-кино по сравнению с анаглифными системами. Стандартный размер экрана в кинотеатре IMAX – 22 м в ширину и 16 м в высоту. Экран занимает почти все пространство перед зрителем, что обеспечивает максимальный «эффект присутствия».

Разновидность технологии IMAX – IMAX DOME (изначально называлась OMNIMAX) предназначена для проекции изображения на куполообразный экран. Фильмы также могут демонстрироваться в 3D с помощью технологии IMAX 3D.

Технология. Фильмы формата IMAX записываются на 70-миллиметровую пленку с горизонтальной протяжкой. Размер кадра – 69,6 мм по горизонтали и 48,5 мм по вертикали.

Ксеноновая лампа проектора имеет мощность 12–18 кВт; газ в лампе находится под давлением 25 атмосфер. Свет, который она излучает, настолько интенсивен, что его можно увидеть невооруженным глазом даже с Луны. Проекторы также оснащены специальными линзами, настроенными под геометрию зала IMAX.

Два проектора обеспечивают точность и баланс видеоряда с помощью технологии закрытого кольца.

Глава 3

ПОНЯТИЕ СТЕРЕОПСИСА И ЕГО ВОССОЗДАНИЕ С ПОМОЩЬЮ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

3.1. Стереопсис и системотехника его создания

Стереопсис – субъективное ощущение глубины пространства при зрении, обусловленное диспарантностью (различием взаимного положения точек, отображаемых на сетчатках глаз). При прочих равных условиях – чем больше диспарантность, тем больше видимая глубина.

Стереопсис (англ. stereopsis) – сенсорный процесс, возникающий при бинокулярном зрении как психофизическая реакция на сетчаточную горизонтальную диспарантность.

В результате стереопсиса субъект переживает специфическое ощущение глубины. Иногда в понятие стереопсиса включают и сам результат (стереоэффект) – особое, не сводимое к монокулярным ощущениям впечатление пространственности. Стереопсис обеспечивает восприятие относительной удаленности, т. е. удаленности объекта относительно ядерной плоскости – фронтальной плоскости, проходящей через точку бинокулярной фиксации

(точку пересечения зрительных осей). Стимулом для стереопсиса является относительная диспаратность.

В первом приближении зависимость между видимой относительной удаленностью (глубиной) и величиной относительной диспаратности выражается следующим образом: чем больше диспаратность, тем больше видимая глубина при прочих равных условиях. Для осуществления стереопсиса не требуется каких-либо монокулярных зрительных признаков. Изучение стереопсиса ведется в лабораторных условиях и, как правило, с помощью специального прибора – стереоскопа (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Стереоскоп – устройство для раздельного предъявления изображений правому и левому глазу

3.2. Методы и программные средства оценки стереопсиса

Признаки удаленности воспринимаемого объекта

Сетчатка глаза, будучи отправным пунктом зрения, представляет собой двухмерную поверхность. Это означает, что изображение на сетчатке плоское и никакой глубины у него нет вовсе. Этот факт привел многих интересующихся восприятием (и ученых, и художников) к мысли о признаках удаленности – двухмерных характеристиках, позволяющих наблюдателю делать выводы об удаленности предметов в трехмерном мире. Существует несколько признаков удаленности, которые в сочетании друг с другом позволяют определить удаленность воспринимаемого объекта (рис. 3.2). Эти признаки можно разделить на монокулярные и бинокулярные, в зависимости от того, относятся ли они к зрению одним глазом или двумя.

Люди, видящие одним глазом, могут достаточно хорошо воспринимать глубину при помощи монокулярных признаков.

Монокулярные признаки восприятия глубины:

- относительная величина. Если изображение содержит участок с похожими объектами, различающимися по величине, человек интерпретирует меньшие объекты как более удаленные;
- перекрытие. Если один объект расположен так, что он загораживает от взгляда другой, то закрывающий объект воспринимается человеком как более близкий;
- относительная высота. Относительной высотой считается расположение изображения относительно верха (низа) плоского поля зрения, а не высота одного объекта сравнительно с другим. Если некоторые из сходных объектов видятся выше, они воспринимаются как более удаленные;
- линейная перспектива. Когда параллельные линии кажутся сходящимися, они воспринимаются как исчезающие вдали;

- собственные и падающие тени. В тех случаях, когда та или иная поверхность сцены закрыта от прямого солнечного света, на нее падает тень. Если тень падает на тот же самый объект, который загораживает свет, она называется собственной. Если же тень падает на другую поверхность, не принадлежащую отбрасывающему тень объекту, она называется падающей. Оба типа теней являются важными ключевыми признаками глубины сцены, сообщая нам информацию о форме объектов, расстояниях между ними и местонахождении источника света в сцене.

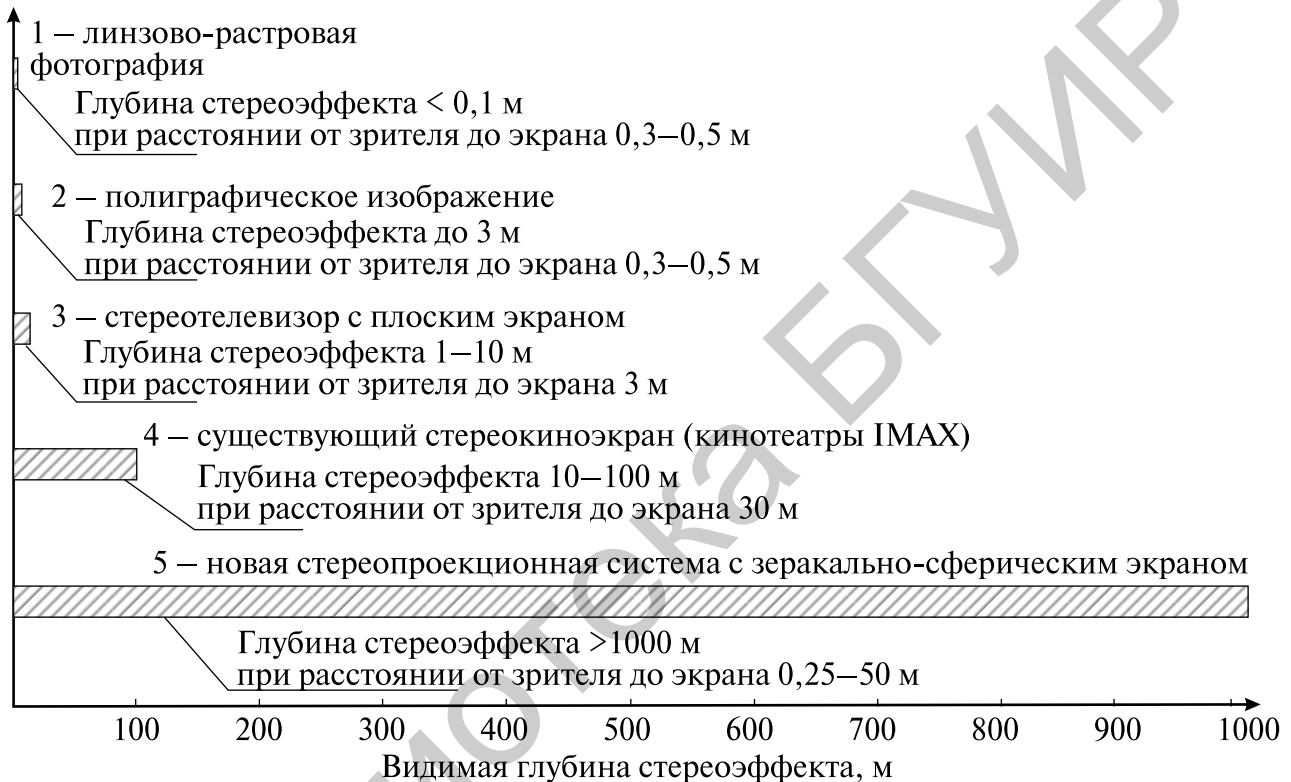


Рис. 3.2. Сравнение видимой глубины стереоэффекта в предэкранном и заэкранном пространстве, воспроизводимой стереофотографией, голографией и новыми стереоскопическими системами

Примерами программ для оценки стереоэффекта могут служить 3Dmaster kit, Riaxes stereotracer, Anaglyph Maker.

3.3. Типы систем виртуальной реальности

Выделяют несколько типов массовых систем виртуальной реальности (ВР):

1. Кабинные симуляторы (cab simulators), порожденные автомобильными и авиатренажерами, в которых пользователь садится в кабину и видит перед собой в окне дисплей компьютера, на котором изображены некие ландшафты: если пользователь начнет манипулировать управляющими ручками (рычагами или рулем), на дисплее будет соответственно изменяться ландшафт.

Современные авиационные тренажеры позволяют с высокой точностью моделировать условия полета, исследовать возможности различных систем

конструируемых самолетов, отрабатывать навыки пилотирования, самолетовождения, боевого применения оружия. С их помощью можно целенаправленно имитировать разнообразные условия полета, которые не всегда можно или даже опасно создавать во время реального тренировочного полета. Применение тренажеров позволяет экономить ресурс самолетов, топливо, эффективно совершенствовать воздушную выучку летчиков и других членов экипажей, снизить количество летных происшествий, расход боеприпасов и интенсивность воздушного движения (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Модель кабинного симулятора

2. Системы искусственной реальности (artificial, projected reality), в которых пользователи видят реальные видеозаписи друг друга, встроенные в виртуальное пространство трехмерных образов. Эти системы не требуют головных дисплеев и могут успешно использоваться для непросвещенных пользователей.

Идея совмещения видео и компьютерной графики в реальном времени породила, в частности, технологию виртуальных студий, при которой изображение на экране телевизора в реальном времени складывается из видеозаписей участников передачи (реально находящихся в пустой студии) и трехмерных миров, которые компьютер генерирует и соединяет с этой видеозаписью.

3. Системы «расширенной» реальности (augmented reality), в которых изображение на экране головного дисплея прозрачно, так что пользователь видит одновременно и свое реальное окружение, и виртуальные объекты, генерируемые компьютером на экране.

4. Системы телеприсутствия (telepresence) используют видеокамеры и микрофоны для погружения в виртуальное окружение пользователя, который либо смотрит в дисплей шлема, соединенный с подвижной камерой на платформе, либо орудует джойстиком без шлема. Такие системы были установлены на космическом корабле «Pathfinder», который в июле 1997 г. приземлился

на Марс – с их помощью ученые с Земли могли рассматривать и фотографировать поверхность планеты.

5. Настольные ВР-системы (desktop VR) представляют виртуальную реальность с помощью больших мониторов или проекторов. Это хороший инструмент для бизнес-презентаций, поскольку вместо шлема здесь нужен джойстик, мышь или шаровой манипулятор, при помощи которых пользователь может повернуть трехмерную модель па мониторе на все 360°. С помощью такой системы легко показать модель будущего здания или проект корабля.

6. Визуально согласованный дисплей (visually coupled display), который размещается прямо перед глазами пользователя и изменяет картинку согласно движениям его головы. Он снабжен стереофоническими наушниками и системой отслеживания направления взгляда и фокусирует изображение, на которое направлено внимание пользователя.

С развитием технологий систем виртуальной реальности растет и число людей, увлекающихся этим явлением. С виртуальной реальностью большинство людей знакомо благодаря использованию виртуальных компьютерных игр.

Однако распространение систем ВР набирает обороты и в производственной сфере деятельности человека.

Все большее количество людей, вовлекающихся в общение с виртуальной средой, порождает и тенденцию развития виртуальной аддикции (нехимической психологической зависимости человека от систем виртуальной реальности).

Выбор системы осуществляется на базе множества критериев (прикладное ПО для решаемой задачи, размер помещения, мобильность системы, интерактивность, стерео, стоимость и т. д.), но два основных параметра – это степень погружения и размер аудитории для одновременной работы. От этих параметров зависят размер и форма экранов.

Рассмотрим типы виртуальной реальности.

Пассивная виртуальная реальность (passive virtual reality) – автономное графическое изображение и его звуковое сопровождение, не управляемые человеком.

Обследуемая виртуальная реальность (exploratory virtual reality) – возможность выбора вариантов сценариев изображения и звука, предоставляемых пользователям в ограниченном количестве.

Интерактивная виртуальная реальность (interactive virtual reality) – виртуальная среда, которой пользователь может сам управлять и манипулировать по законам синтезированного мира с помощью специальных устройств, обладающих функцией трекинга.

Трекинг в виртуальной реальности – это особая технология, лежащая в основе взаимодействия человека с виртуальным миром. Она направлена на точное определение координат и позиции реального объекта (например, руки,

головы или устройства) в виртуальной среде с помощью трех координат его расположения (x , y , z) и трех углов (a , b , g), задающих его ориентацию в пространстве.

С точки зрения пользователя, наиболее интересна та система, с которой он сможет взаимодействовать практически неограниченно. Существует несколько типов интерактивной виртуальной реальности.

Наиболее всеобъемлющая система интерактивной виртуальной реальности – **иммерсионная** (англ. immerse – **погружаться**). Она обеспечивает как частичное, так и полное погружение пользователя в виртуальную среду. В зависимости от своего назначения и степени погружения пользователя такая система оснащается соответствующим оборудованием.

Еще один тип интерактивных систем виртуальной реальности – **расширенная и смешанная реальность** (англ. augmented and mixed reality), т. е. реальность, дополненная виртуальной составляющей. В этом случае компьютерные данные накладываются на объекты реального мира.

3.4. Технологии обеспечения эффекта присутствия

Для того чтобы обеспечить пользователю убедительный эффект присутствия, необходим ряд технологий:

1. Видео. Простейшая система включает в себя видеопоток. В идеальном же случае все поле зрения пользователя должно быть заполнено изображением удаленного места. И, кроме того, точка обзора должна соответствующим образом реагировать на перемещение и повороты головы пользователя (в отличие от кино или телевидения, где зритель не может управлять точкой обзора).

Для достижения подобного эффекта могут использоваться очень большие (в том числе сферические) экраны или же миниатюрные дисплеи, закрепленные перед глазами. В этом случае можно добиться особо убедительного чувства объема. Движения головы должны отслеживаться, а камера на удаленной площадке должна воспроизводить их точно и в реальном времени.

2. Аудио. Обеспечить чувство слуха, как правило, проще, соответствующие технологии доступны уже достаточно давно. Лучший эффект присутствия дает стереозвук с отслеживанием движений головы пользователя.

3. Манипулирование. Возможность манипулировать объектами в удаленной среде – важнейший аспект настоящей системы телеприсутствия, и может быть реализована по-разному в зависимости от потребностей пользователей. Обычно движения рук и пальцев пользователя считываются перчатками или иными системами отслеживания положения. Робот (устройство телеприсутствия), находящийся в удаленном месте, копирует их настолько точно, насколько возможно.

Чем точнее устройство телеприсутствия воспроизводит движения человека, тем больше эффект погружения.

Системы телеприсутствия (telepresence)

Телеприсутствие – набор технологий, позволяющий пользователю, например, с помощью специальных устройств (телеуправляемых роботов) получить впечатление того, что он находится и/или воздействует на место, отличное от его физического местоположения.

Суть телеприсутствия – во взаимодействии с другим, реальным местом, в отличие от виртуальной реальности, где пользователь ощущает себя в виртуальном пространстве. Системы телеприсутствия и виртуальной реальности используют схожее оборудование для взаимодействия с пользователем.

В лаборатории Human Media Lab (Канада) спроектировали кабину TeleHuman для проведения телеконференций, где вы видите 3D-фигуру собеседника в полный рост. Кабина TeleHuman состоит из акрилового цилиндра высотой 1,8 м с выпуклым зеркалом, 3D-проектора и набора из десяти контроллеров Microsoft Kinect (шесть на кабине и четыре в комнате), которые создают 3D-эффект, отслеживая положение человека снаружи кабины, чтобы сгенерировать для него стереоскопическую картинку. Человек заходит внутрь – и картинка проецируется на внешние стенки кабины (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Кабина TeleHuman генерирует изображение

Глава 4

ЭФФЕКТ ПРИСУТСТВИЯ И ЭФФЕКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

4.1. Видеосцена и изменение точки зрения

Видеосцена – некое действие или обстановка, передаваемая зрителю в виде видеоряда (последовательность кадров, поочередно заменяющих друг друга со скоростью 24 кадра в секунду). **Точка зрения** (англ. viewpoint) – местоположение в или вокруг киберпространства, представляющее текущую позицию наблюдателя (рис. 4.1).

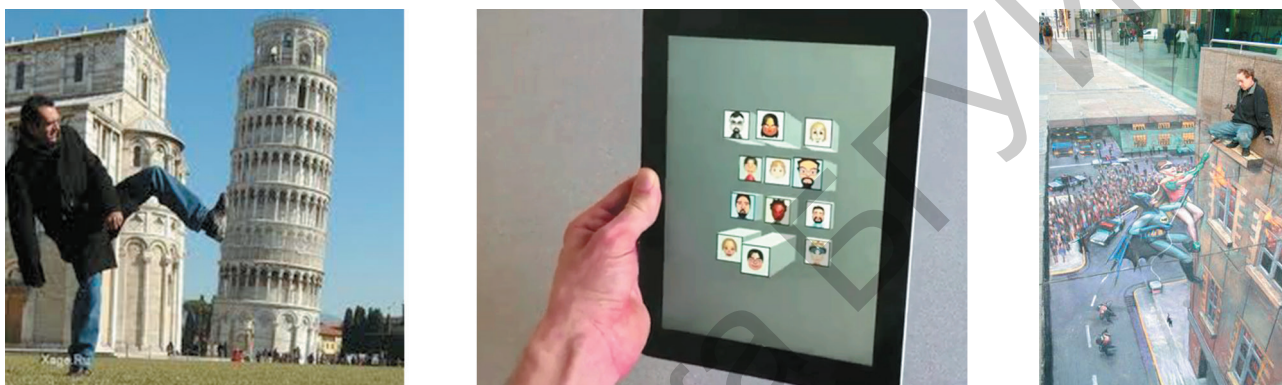


Рис. 4.1. Объемные головоломки, фотографии, рисунки, создающие интересный объемный эффект с определенной точки зрения

4.2. Воздействие на один из предметов на видеосцене

Воздействовать на предметы видеосцены можно при помощи различных мануальных (ручных) устройств ввода, таких, как компьютерные мыши, игровые контроллеры, перчатки, педали и костюмы виртуальной реальности (рис. 4.2).

Цель такого воздействия: с помощью средств виртуальной реальности изучить объект, который непосредственно изучать невозможно (например, микро- и макрообъекты).

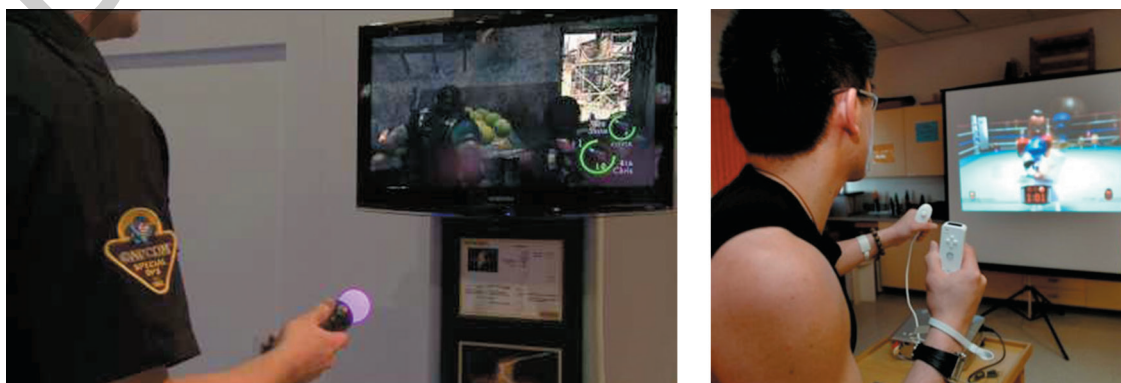


Рис. 4.2. Контроллеры Nintendo Wii и Sony Move

Одним из таких устройств является гироскопическая мышь. В основе ее работы – принцип гироскопа, который подобен принципу работы юлы, сохраняющей свое исходное положение по оси вращения. Благодаря гироскопической технологии, мышью можно пользоваться даже при отсутствии подходящей поверхности и на расстоянии до 10 м от компьютера. Ее не надо двигать как обычную мышь, а достаточно просто наклонить в нужную сторону и на нужный градус (чем больше наклон, тем больше скорость передвижения курсора).

Ascension Technology Corporation предлагает 6D-Mouse. С виду это трехкнопочная мышь с необычным дизайном, но внутри у нее еще есть и датчики, отслеживающие поднятие и вращение. Такие мыши упрощают проблему свободного перемещения в 3D-пространстве.

По той же гироскопической технологии, что и мыши, могут быть реализованы гироскопические джойстики.

G-Pad Pro мало отличается от многих уже существующих джойстиков. Он имеет привычную форму и стандартный набор клавиш и джойстиков, но при этом у него есть один секрет – использование технологии VRMS (Virtual Reality Motion Sensing). В джойстик встроен гироскопический датчик, способный определять пространственное положение контроллера, а также горизонтальные и вертикальные наклоны, что позволяет более естественно выполнять самые сложные элементы управления.

VR-перчатки

Отслеживать движения пальцев VR-перчаток помогает сложная система эластичных световодов и пара десятков датчиков (рис. 4.3). Как только палец начинает сгибаться, световод сужает просвет, а датчики улавливают падение интенсивности света на каком-либо участке. Эта технология разработана для научных исследований. Есть и технология с механическими датчиками, но она тяжела и несовершенна.

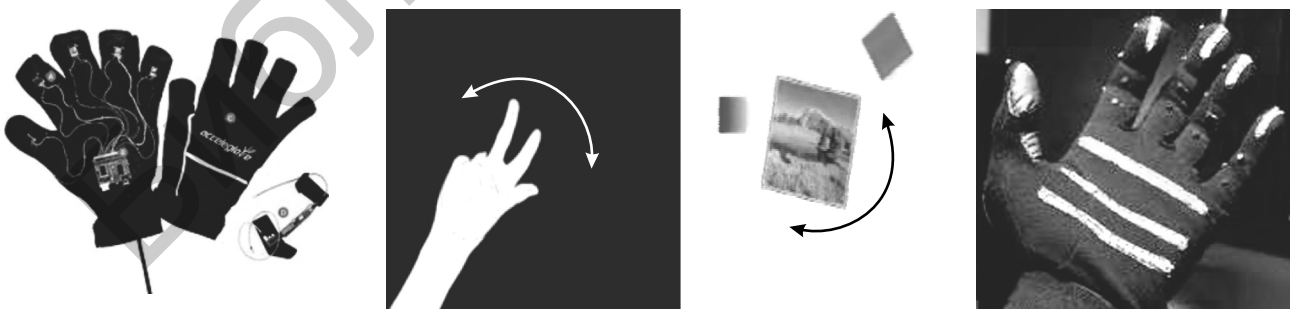


Рис. 4.3. Манипулирование объектами при помощи перчатки для виртуальной реальности

VR-перчатки (рис. 4.4) со световыми сенсорами производит известная калифорнийская фирма Virtual Technologies, Inc. Самые простые VR-перчатки называются CyberGlove. Существует 18-сенсорная модель, отслеживающая движения пальцев, и 22-сенсорная, способная еще и уловить сгибание/разгибание всех пальцев (кроме большого).

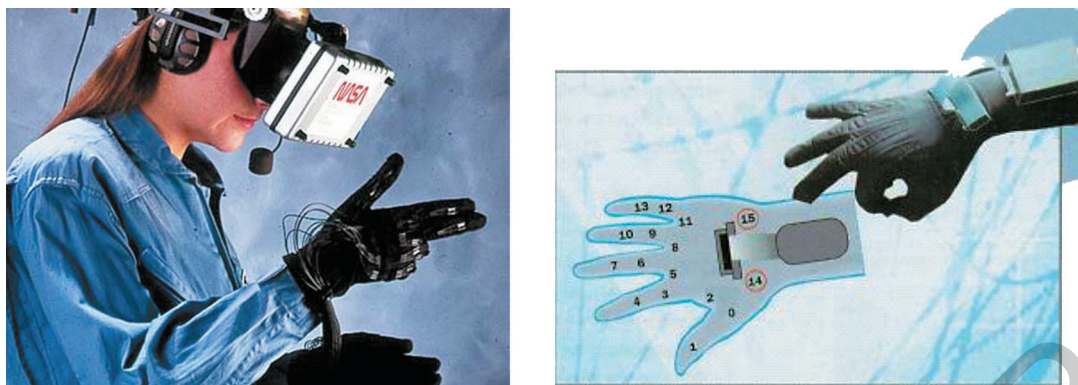


Рис. 4.4. VR-перчатки

VR-перчатки относятся к категории контроллеров VR.

На обратной стороне запястья перчатки установлены четыре кнопки. Одна из них служит для калибровки P5 Glove, другая – выключатель, а оставшиеся две программируются на разные задачи, например, могут быть использованы как левая и правая кнопки мышки или для любых других целей.

Педали являются одним из возможных органов управления (рис. 4.5). Отличий в принципе работы джойстика, управляемого рукой, и педали, управляемой ногой, нет. Те же принципы, что применяются в системотехнике мануальных средств управления, применимы и к педалям. Основными функциями педалей является получение сигналов от датчиков, расположенных на них, для последующей переработки информации.



Рис. 4.5. Педали

Развитие данного направления системотехники в первую очередь оправдано тем, что пока оно развивалось меньшими темпами, чем системотехника мануальных средств управления. Поэтому в данной области возможно открытие принципиально новых механизмов, которые позволят еще дальше продвинуться в совершенствовании органов и систем управления.

4.3. Технические устройства, изменяющие точку зрения

Шлем VR – устройство, позволяющее частично погрузиться в мир виртуальной реальности, создающее зрительный и акустический эффект присутствия в заданном управляющим устройством (компьютером) пространстве (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Шлем VR

Система отслеживания движений головы – устройство ввода информации в персональный компьютер, преобразующее движения головы пользователя в координаты точки зрения (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Система отслеживания движений головы

Инерциальное отслеживание

В этом случае на голове пользователя крепится отслеживающий блок с гироскопами и акселерометрами (как в шлемах виртуальной реальности). Привязка к неподвижному маркеру такому устройству не требуется (рис. 4.8).

Перчатка с датчиками (см. рис. 4.8, а) собирает информацию о движениях руки владельца и позволяет пользователю манипулировать объектами в виртуальной реальности. Волоконно-оптические кабели 1 в перчатке следят за изгибами руки. Свет распространяется по кабелю в обоих направлениях 2. Когда кабели изгибаются 3, они больше не передают отраженный свет обратно на интерфейсную плату 4. Датчик положения 5 следит за движениями перчатки в трех измерениях. Контактные площадки на концах пальцев 6 убеждают владельца, что он касается реального объекта. Головной комплект виртуальной реальности (см. рис. 4.8, б) использует оптическую и звуковую информацию и датчики движения для того, чтобы погрузить владельца в интерактивный виртуальный мир. Телевизионные экраны 7 перед каждым глазом создают стереоизображение, а наушники 8 создают звуковую среду. Датчики движения 9 отслеживают движения пользователя и соответственно изменяют картинку и звук.

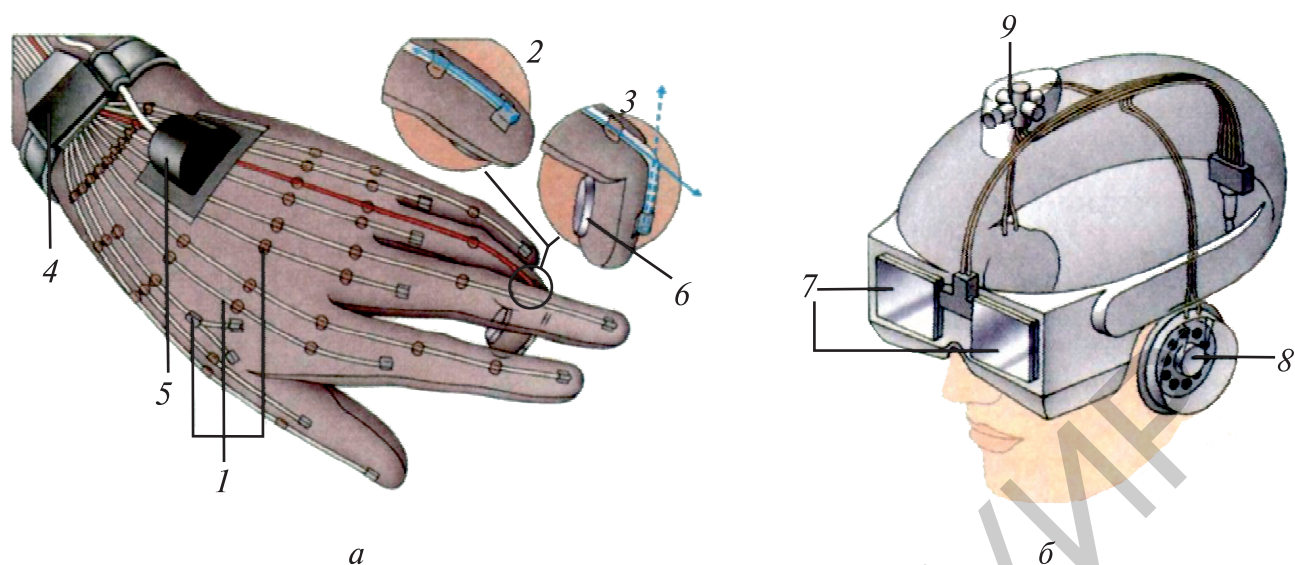


Рис. 4.8. Система инерциального отслеживания

Другие манипуляторы, такие как **мышь** и **игровые контроллеры**, основанные на гироскопах, **также способны изменять точку зрения**.

Гироскоп — устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации связанного с ним тела относительно инерциальной системы координат, основанное на законе сохранения вращательного момента импульса.

Управление курсором компьютера через электроэнцефалограмму

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — методика нейрофизиологического измерения электрической активности мозга путем размещения электродов на коже головы (для электропроводности на них наносится проводящий гель) или прямо в коре головного мозга (рис. 4.9).

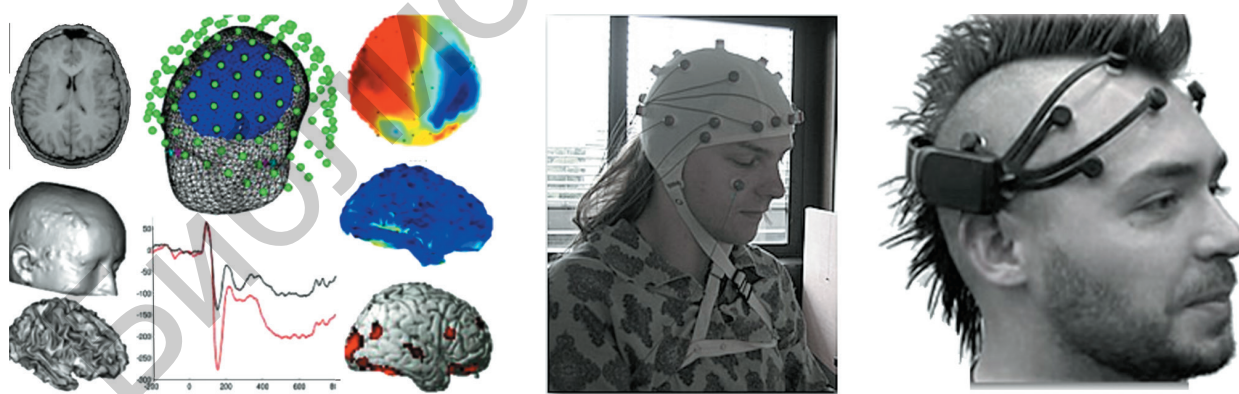


Рис. 4.9. Электроэнцефалография

При помощи ЭЭГ возможна реализация управления курсором мыши, набора символов, управления движением транспортных средств и многое другое. Кроме того, данная технология нашла применение в играх и для общения с парализованными пациентами. Парализованному после инсульта человеку прямо в мозг имплантируют микроэлектроды, при помощи которых компьютер измеряет электрические импульсы мозга и преобразовывает их в команды для управления курсором. Больной представляет, что он двигает рукой,

и курсор на экране монитора перемещается. Выбирая на экране из подготовленного списка фразы, инвалид может позвать медсестру, попросить есть или включить телевизор.

Беспроводной контакт человека с компьютером

Современный уровень техники позволяет реализовать беспроводной контакт человека с компьютером при помощи трех способов:

- радиоволн;
- инфракрасного излучения;
- оптического или лазерного излучения.

При этом информация, передаваемая от человека на приемное устройство компьютера, может быть получена как от руки человека (джойстик, мышь или виртуальная перчатка), так и от сигналов головного мозга при помощи электроэнцефалографии.

Радиоуправление и управление инфракрасными лучами

Принцип радиоуправления заключается в том, что команды, посылаемые человеком, преобразуются в радиосигнал определенной продолжительности и частоты – передающие команды. Эти команды передаются в виде радиоимпульсов или незатухающих колебаний с постоянной амплитудой или колебаний, модулированных по амплитуде или частоте, расшифровываются и в виде электрического сигнала поступают на управляемые элементы компьютера.

При передаче команд с помощью инфракрасных лучей передатчиком служит излучающий ИК-диод. Приемником сигнала является ИК-фотодиод. Говоря об отличиях двух данных методов передачи сигнала, стоит отметить, что радиоуправление не требует прямой видимости приемного устройства, в то время как для ИК-передатчика это является обязательным требованием.

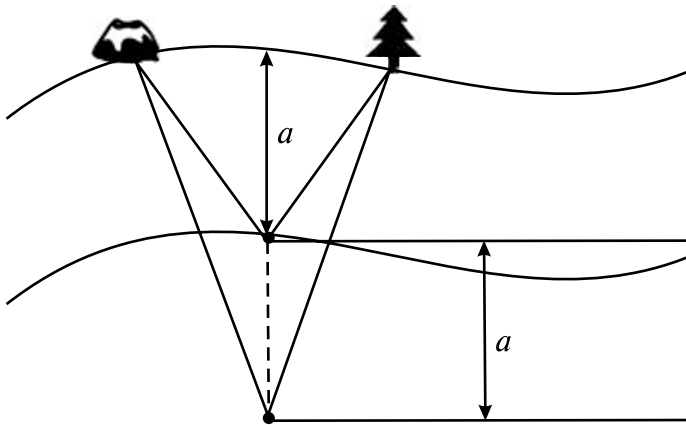
4.4. Воссоздание на компьютере эффекта присутствия

Эффект присутствия – впечатление того, что пользователь находится и/или воздействует на место, отличное от его физического местоположения.

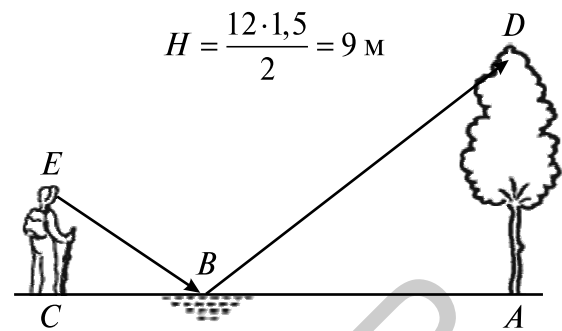
Существует две группы методов реализации эффекта присутствия:

1. Программные средства реализации эффекта присутствия – это методы, позволяющие добиться правдоподобия изображения при выполнении следующих условий:

- оценке расстояния до предмета на основе знаний о его приблизительной величине (рис. 4.10);
- «наложении» предметов друг на друга;
- определении глубины пространства с использованием «эффекта перспективы» (рис. 4.11);
- анализа световых эффектов на предмете (светотень);
- оценке кажущегося относительного смещения близких и далеких предметов при движении головы наблюдателя из стороны в сторону.



Измерение ширины реки, каньона и т. п.:
 a — ширина реки



Измерение высоты предмета
при помощи лужи или зеркала

Рис. 4.10. Оценка расстояния до предмета
на основе знаний о его приблизительной величине

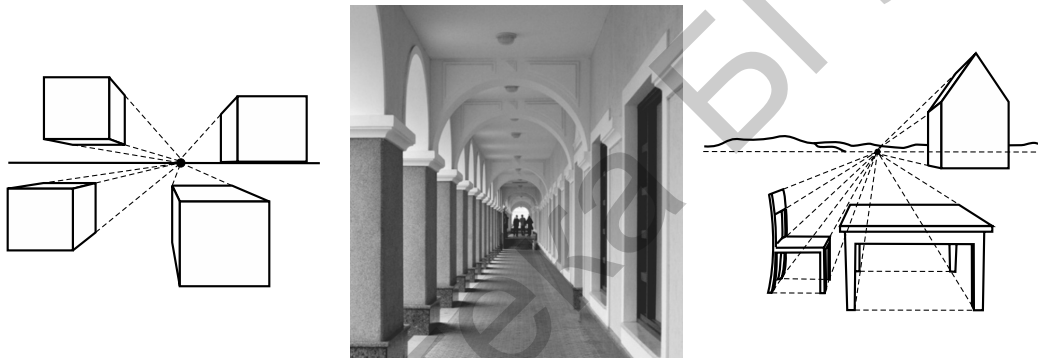


Рис. 4.11. Эффект перспективы

2. Аппаратные средства реализации эффекта присутствия (рис. 4.12).

Ко второй группе методов относятся:

- увеличение мощности ПК;
- применение шлемов виртуальной реальности и специальных мониторов;
- применение специальных костюмов с датчиками и вращающихся сфер для моделирования перемещения человека внутри виртуального мира.



Рис. 4.12. Аппаратные средства реализации эффекта присутствия

4.5. Эффект взаимодействия и техника его воссоздания

Эффект взаимодействия — процесс опосредованного воздействия объектов реального мира на объекты виртуального, порождающий их взаимную обусловленность и связь.

Максимальный эффект взаимодействия достигается при использовании костюмов виртуальной реальности, устройств трекинга, а также специфических контроллеров, имитирующих какие-либо реальные органы управления.

Костюм виртуальной реальности – устройство, позволяющее человеку погрузиться в мир виртуальной реальности. Оно представляет собой костюм, полностью изолирующий человека от внешнего мира. Внутри него находятся видеоскрин, многоканальная акустическая система и электронные устройства, воздействующие на нервные окончания кожи. Они могут вызывать иллюзию прикосновений, например, ощущение дующего ветра (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Костюмы виртуальной реальности с обратной связью Novint Xio и VPL DataSui

К костюму виртуальной реальности добавляются датчики кисти и провода для присоединения этих устройств к компьютеру.

Трекинг (англ. tracking) – это специальная технология, лежащая в основе взаимодействия человека с виртуальным миром (рис. 4.14).

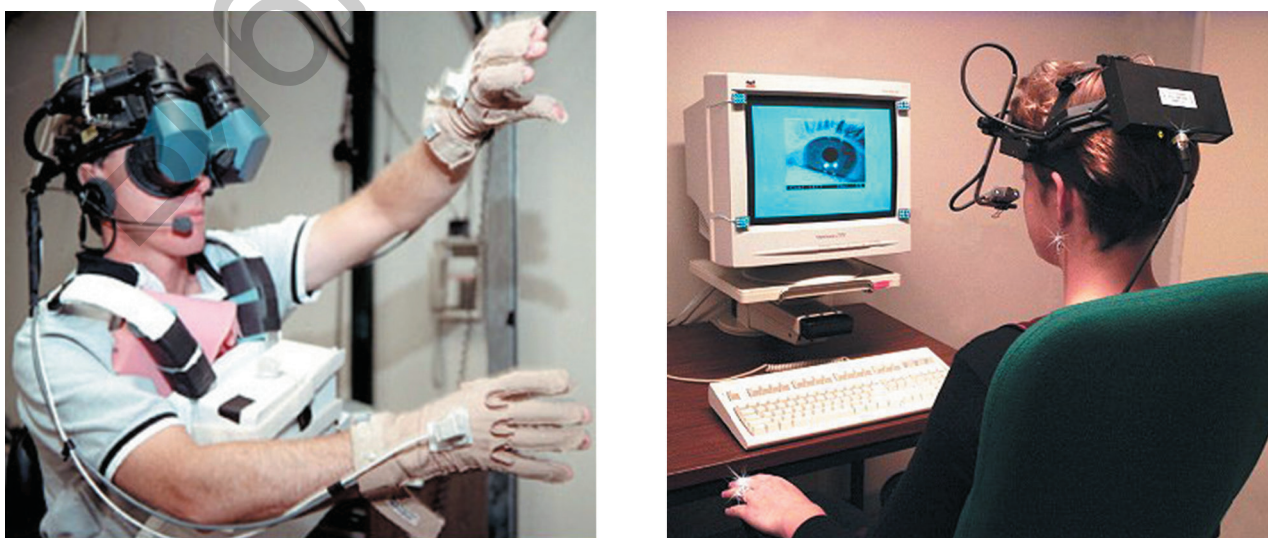


Рис. 4.14. Kinect – игровой контроллер для Xbox 360, использующий трекинг для всего тела

Данная технология предназначена для определения позиции и ориентации реального объекта (например, руки, головы или специального устройства) в виртуальной среде с помощью нескольких степеней свободы.

Специфическими контроллерами могут выступать компьютерный руль с педалями, рукояти управления устройствами, штурвалы, целеуказатель в виде пистолета и т. д.

4.6. Сеансы интерактивного онлайн-взаимодействия человека с трехмерной визуализированной сценой

Для интерактивного взаимодействия человека с визуализированной сценой комплексно применяются описанные выше устройства и технологии взаимодействия человека с трехмерной визуализированной сценой, которые можно перенести в режим онлайн, объединив в одной виртуальной среде множество людей в разных точках мира (рис. 4.15).

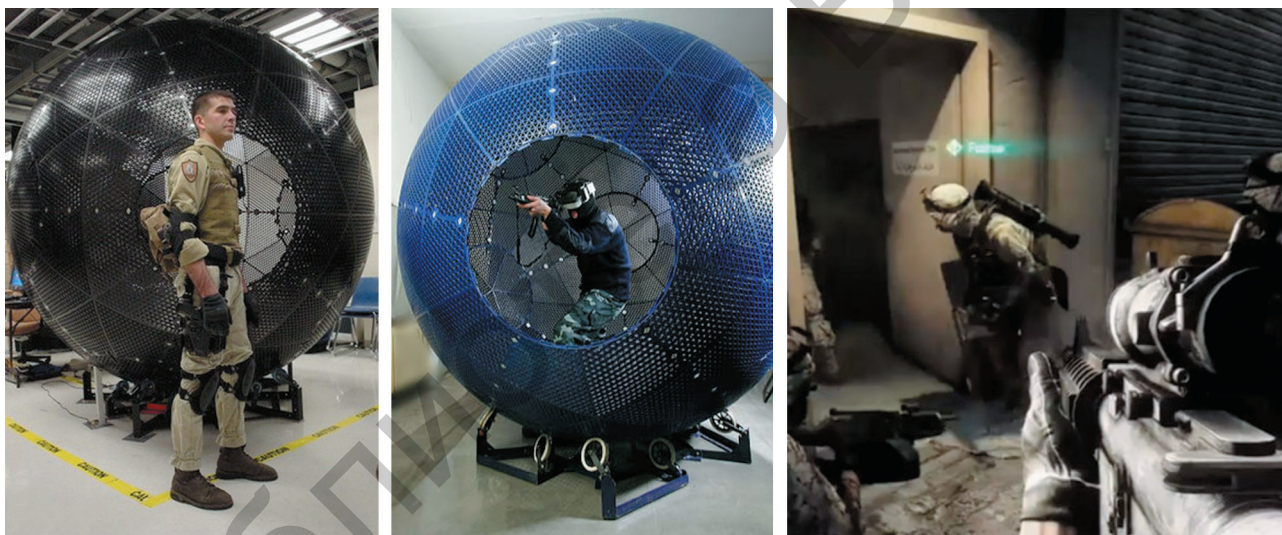


Рис. 4.15. Онлайн виртуальная среда

Наиболее интересна такая реализация для многопользовательских социальных виртуальных миров, таких как Second Life – это трехмерный виртуальный мир с элементами социальной сети, который насчитывает свыше 1 млн активных пользователей.

Принципы виртуального онлайн-мира:

1. Принцип аватара. В Second Life сами жители создают окружающий их контент: одежду, дома, автомобили и многое другое. Жители (резиденты) сами выбирают и модифицируют (или покупают готовый у других резидентов) свой внешний вид.

2. Принцип внутренних законов. У мира есть встроенные автоматические правила, по которым он действует (их в игровом сообществе принято называть «мировой физикой»).

3. Принцип немедленной реакции. Действия в мире происходят в режиме реального времени. Масштаб может быть различным, но результат своих действий можно увидеть почти сразу.

4. Принцип общей реальности. Мир един для большого количества игроков.

5. Принцип постоянства. Мир существует независимо от наличия в нем игроков.

Реализация виртуального онлайн-мира

Мир во всех текстовых MUD (Multi User Dimension – многопользовательская браузерная онлайн-игра с элементами ролевой игры (RPG)) состоит из так называемых комнат. **Комната** – это как бы отдельная «клеточка» игрового мира, локация, внутри которой координат нет, т. е. нельзя стоять в комнате правее или левее, можно либо находиться в ней, либо нет. Выйти из комнаты можно через дверь. Двери, как правило, ведут на одну из четырех сторон света, либо вверх или вниз.

Ввод команд происходит через командную строку – примерно такую же, как приглашение операционной системы.

В MUD впервые появилось и понятие «mob» (мобильный объект, т. е. монстр), базовая логика его поведения и многое другое. Но самое важное, если не считать системы комнат, это система скриптов, в которой описывается игровой мир.

4.7. 3D-восприятие человека по сравнению с 2D-представлением видеоинформации на дисплее или экране

Трехмерная графика (3D-Graphics) – раздел компьютерной графики, совокупность приемов и инструментов (как программных, так и аппаратных), предназначенных для изображения объемных объектов (чаще всего применяется для создания изображений на плоскости экрана).

Двухмерная графика (2D-Graphics) – раздел компьютерной графики, совокупность методов, предназначенных для отображения плоских объектов.

Трехмерное изображение на плоскости отличается от двухмерного тем, что включает построение геометрической проекции трехмерной модели сцены на плоскость (например, экран компьютера) с помощью специализированных методов.

Человек воспринимает плоское двухмерное изображение трехмерным за счет эффекта перспективы и освещения видеосцены.

Перспектива (лат. *perspicere* – смотреть сквозь) – наука об изображении пространственных объектов на плоскости или какой-либо поверхности в соответствии с теми кажущимися сокращениями их размеров, изменениями очертаний формы и светотеневых отношений, которые наблюдаются в реальном восприятии (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Пример перспективы

Рассмотрим преимущества 3D-графики по сравнению с 2D-графикой (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Преимущества 3D- по сравнению с 2D-графикой

| Сравниваемый параметр | Специфика |
|--|---|
| 1. Преимущество при вращении объекта | При вращении 3D-объекта он остается правильной формы, но повернут в пространстве, в то время как 2D-объект искажается |
| 2. Преимущество соотношения размеров объектов | В 3D требуется меньше данных для соотношения размеров объектов и человек сразу улавливает их реальные размеры и расположение в пространстве |
| 3. Большая информативность отдельных зон экрана | В 3D-режиме сложный объект выглядит понятно, т. е. нагромождение графики выглядит как понятная геометрическая фигура |
| 4. Использование новых форм диаграмм | Обычные 2D-диаграммы и графики не дополняют информативности в 3D. В 3D-режиме можно включать дополнительные переменные (не только одну переменную, а множество), при этом не теряется возможность читаемости диаграмм |
| 5. Восприятие сложных, нелинейных форм | Как только вы рассматриваете незнакомую для вас форму и у вас нет ассоциаций, то без 3D вы, скорее всего, ее просто не поймете |
| 6. Влияние на вестибулярный аппарат зрителя | При правильном построении сцены в 3D можно достигнуть эффектов дезориентации зрителя в пространстве, а именно эффекты падений, головокружительных гонок и т. д. |
| 7. Возможность объединить реальность и виртуальную графику | Все 3D-объекты на экране вы видите в пространстве. Если перед вами расставлены реальные объекты, то 3D-изображение, «вылетающее» из экрана, будет буквально между ними |
| 8. То, что вы всегда считали плоским, может стать объемным | Это позволяет создавать новые изобразительные формы в 3D, что открывает возможности, чтобы пересмотреть ваш взгляд на жизнь и внести новые |
| 9. Возможность творить новое | Здесь еще нет отработанных схем, мало стандартных эффектов. Вы можете создавать неожиданные решения, которые еще никто до вас не делал |

Визуально о преимуществах 3D-объектов по сравнению с 2D-объектами можно судить по рис. 4.17.

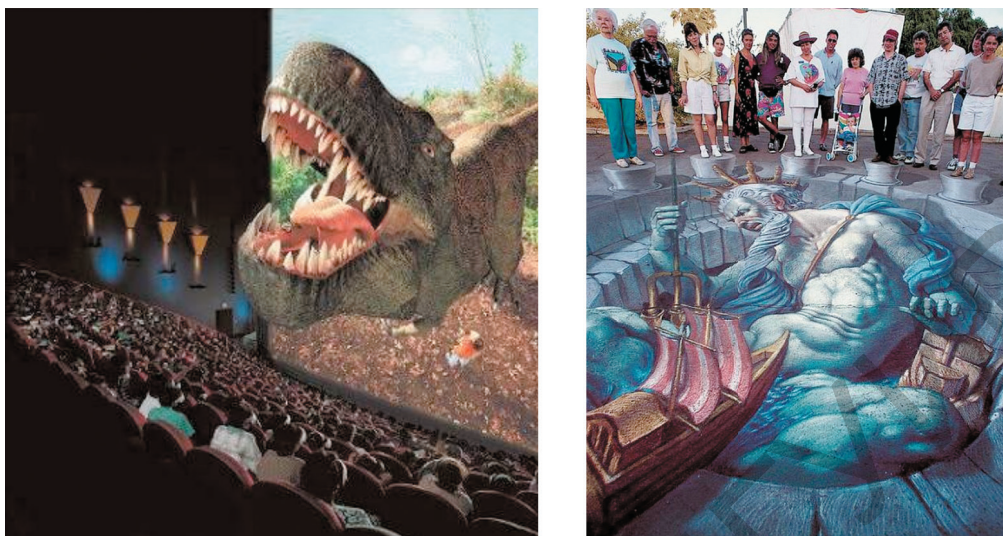


Рис. 4.17. Преимущества 3D- по сравнению с 2D-графикой

Рассмотрим достоинства 2D-графики (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Достоинства 2D-графики

| Сравниваемый параметр | Специфика |
|---|---|
| 1. Преимущество чтения обычного текста | Обычный плоский экран может разместить больше текстовой информации, т. к. объем уменьшает размер рабочей области |
| 2. Преимущество размера экрана | В 2D-режиме используется весь экран, каждый его уголок может быть наполнен информацией. В 3D-режиме для создания 3D-эффекта требуются ориентиры в пространстве (стенки, объекты, тени и т. д.), которые отбирают часть площади экрана и сокращают число его рабочих пикселей. Объекты в 3D обладают дополнительными атрибутами |
| 3. Использование краев экрана | В 3D-режиме есть ограничения при использовании краев экрана. Это вызвано возможным дискомфортом, когда в стереопаре (два изображения) один объект на одном кадре попадает на экран, а на другом кадре не попадает на экран. При просмотре таких кадров возникает дискомфорт, т. к. один глаз видит объект, а другой глаз – не видит его |
| 4. Отсутствие ограничений и требований к построению сцены и кадра | 2D-графика проще в создании и может показать больше типов сцен |

Применение 3D- и 2D-графики

3D-графика в настоящее время используется в области «яркой» графики, высокоинформационных сред (графиков, диаграмм, геоинформационных

систем, систем проектирования и т. д.), новых возможностей в искусстве и инсталляциях, а также для работы с человеческими чувствами и впечатлениями.

2D-системы сейчас более эффективны в обычной работе (привычные Word, Excel), для подготовки более стандартных приложений и презентаций, например, в Power Point или Visio.

В 2D проще создавать видео и анимацию (например флеш-анимацию) (рис. 4.18), проще обрабатывать фотографии.



Рис. 4.18. Использование 2D-графики

Глава 5

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСПЛЕЕВ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

5.1. Развитие трехмерного изображения

Всевозможные технологии и аппараты для воспроизведения трехмерного изображения появились в компьютерном мире почти одновременно с появлением полигональной графики в компьютерных играх. Почти всегда это были всевозможные шлемы, которые могли переносить пользователя в виртуальную реальность, но будучи довольно массивными устройствами, они не отличались удобством использования.

Первые подобные **девайсы** не были широко востребованы по ряду причин. Почти все они были автономны и не адаптировались под работу с комплектующими других производителей (видеокартами, мониторами). Кроме того, технология проецирования трехмерного изображения в то время была еще чрезвычайно слабо развита, и картинка получалась размытая. Вдобавок аппараты стоили большие деньги, а игр для них было мало. Это поставило жирную точку на первом поколении стереоустройств.

Ко **второму** поколению в эволюции 3D-визуализации относится появление всевозможных гаджетов, которые создают иллюзию трехмерности. Но ведь это всего лишь иллюзия и потому они также не стали успешными.

Третьей ступенью становится внедрение на рынок технологий построения 3D-изображения такого ноу-хау, как 3D-Vision от компании NVidia. Идеалом эту технологию считать еще нельзя. Тем не менее очевидным является факт наступления эры стереоскопических аппаратов.

3D-визуализация архитектурных объектов на сегодняшний день достаточно популярна, т. к. помогает наиболее точно представить заказчику будущий внутренний вид квартиры, коммерческого помещения или загородного дома, а также внешний вид дома, если речь идет, например, о загородном малоэтажном строительстве.

3D-графика часто встречается в нашей жизни. Фотография, опубликованная в рекламе, на самом деле является искусной трехмерной моделью, которую сложно отличить от реально сфотографированного объекта. 3D-графика появляется в Интернете, на телевидении, рекламных щитах. 3D-графика в дизайне становится все более востребованной услугой.

3D-графика является незаменимым средством при необходимости демонстрации каких-либо сложных технических узлов, многоступенчатых производств, архитектурных сооружений. Трехмерность наглядно отображает все особенности строения объекта, его мельчайшие элементы, скрытые от глаз наблюдателя части конструкции сооружения. Трехмерная визуализация куда удобнее и нагляднее, чем чертежи и схемы.

Современные технологии в области трехмерной графики позволяют применять 3D-графику в дизайне не только отдельных объектов, но и целых миров, что открывает новые возможности как перед исполнителями, так и перед заказчиками рекламы.

Стереодисплей – оптический инструмент, с помощью которого два плоскостных изображения комбинируются таким образом, что наблюдатель получает впечатление рельефного предмета. Примером может служить лантикулярный стереомонитор (рис. 5.1).

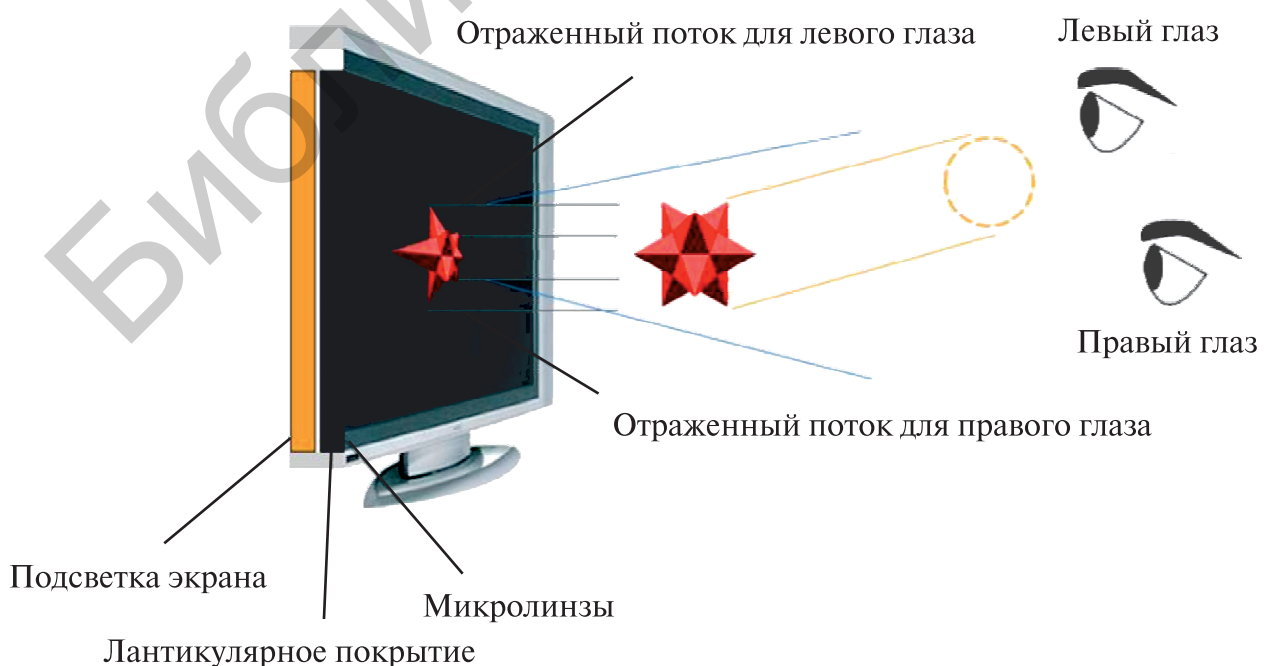


Рис. 5.1. Лантикулярный стереомонитор

Принцип работы лантикулярного монитора заключается в следующем. Видеосигнал проходит специальную обработку и формирует несколько видеопотоков, затем проходит через специальную оптическую пленку (включает в себя лантикулярную пленку и микролинзы) (рис. 5.2). Далее видеосигнал разделяется на ракурсы и направляется отдельно в каждый глаз наблюдателя.

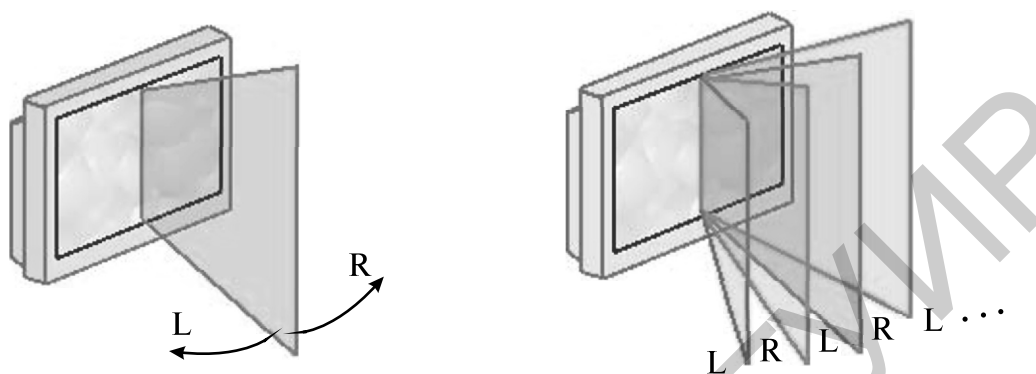


Рис. 5.2. Принцип работы лантикулярного монитора

3D-дисплеем мы будем называть любое устройство, способное воспроизвести изображение, воспринимаемое человеком, как объемное, без очков или других дополнительных устройств.

Пространство, в котором можно наблюдать изображение, формируемое 3D-дисплеем, называется **объемом воспроизведения**, а пространство, в котором находится зритель, — **объемом наблюдения**. Только находясь внутри объема наблюдения, человек вправе рассчитывать на восприятие неискаженного объемного изображения, заключенного в объем воспроизведения.

5.2. Виды дисплеев трехмерной визуализации

Рассмотрим следующие виды дисплеев трехмерной визуализации:

1. Стереоскопические 3D-дисплеи формируют отдельные изображения для каждого глаза (рис. 5.3). Они воспроизводят два ракурса объемной сцены, один из которых предназначен для левого, а другой — для правого глаза.

Принцип работы. Разделение объема воспроизведения на две части условной вертикальной плоскостью, перпендикулярной плоскости экрана и проходящей через его центр. Слева от плоскости наблюдается изображение для левого глаза, справа — для правого.



Рис. 5.3. Стереоскопические 3D-дисплеи

Объединение двух отдельных изображений в одно объемное происходит с помощью **стереочков**. Такой принцип используется в стереоскопах, известных еще с начала XIX века.

В свою очередь вспомогательные очки делятся на две категории — пассивные и активные.

Пассивные (анаглифические) очки используют метод получения стереоэффекта для стереопары обычных изображений при помощи цветового кодирования изображений, предназначенных для левого и правого глаза. Вместо диоптрийных стекол в такие очки вставлены специальные светофильтры, как правило, для левого глаза — красный, для правого — голубой или синий. Поляризационные очки через эффект поляризации формируют разные изображения для разных глаз. Поляризационные очки применяются также в кинотеатрах IMAX.

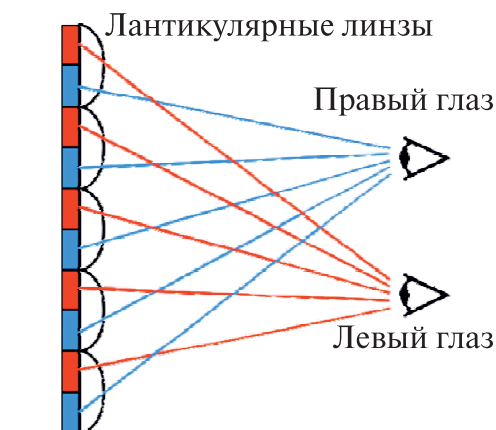
Активные (затворные) очки (жидкокристаллические или поляризационные), синхронизированные с дисплеем и поочередно затемняющиеся с той же частотой, с которой дисплей выводит изображения (кадры) для каждого глаза. За счет эффекта инерции зрения в мозгу зрителя формируется цельное изображение (при этом требуется дисплей с частотой развертки 120 Гц, так, чтобы для каждого глаза частота обновления изображения составляла 60 Гц). Снижение яркости изображения для затворных очков составляет примерно 80 %, разрешение остается тем же.

Технически для производства стереоскопических 3D-дисплеев лучше всего подходят LCD-панели или плазменные панели, поскольку пиксели в них жестко привязаны к месту, в отличие от CRT-мониторов, где изображение может слегка сдвигаться и изменять свой масштаб.

2. Автостереоскопические 3D-дисплеи — воспроизводят трехмерное изображение без каких-либо дополнительных аксессуаров для глаз или головы (таких как стереочки или шлемы виртуальной реальности), данную функцию выполняют оптические фильтры.

Принцип работы. В автостереоскопических 3D-дисплеях применяются микролинзы Френеля, выполняющие роль светоделителей, и специальные барьерные сетки, так чтобы каждый глаз зрителя видел только тот столбец пикселей, который предназначен для него (у данного метода имеются множественные недостатки. В частности, выход зрителя из нужного ракурса или выход из ограниченной «зоны безопасного просмотра» приводит к разрушению эффекта стерео, а разрешение изображения по горизонтали автоматически уменьшается вдвое).

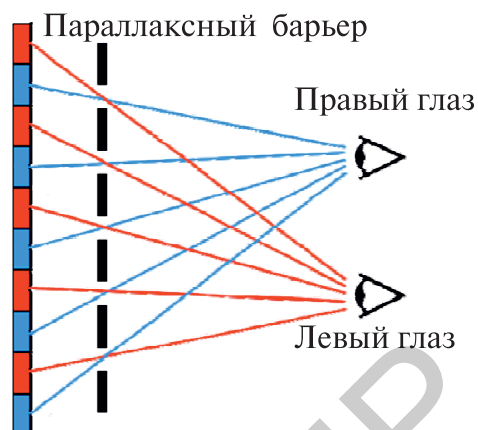
Производители стереодисплеев продолжают разрабатывать технологии, позволяющие уменьшить эти недостатки (рис. 5.4–5.6).



Пиксели

При взгляде с разных углов
увеличиваются
разные участки изображения

Рис. 5.4. Автостереоскопические лантикулярные линзы



Пиксели

Слой материала с набором параллельных
тонких микрощелей, за которыми каждый глаз
видит соответствующий столбец пикселей

Рис. 5.5. Автостереоскопический параллаксный барьер

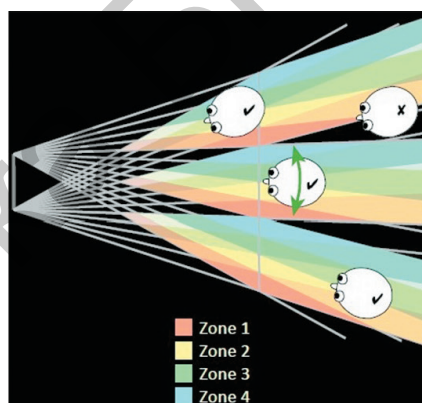
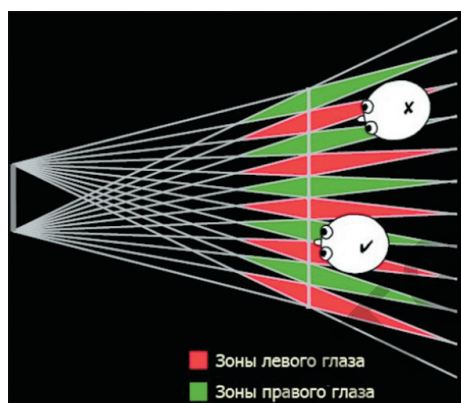


Рис. 5.6. Автостереоскопические LCD-панели

3. Голографические 3D-дисплеи имитируют пространственное размещение световых волн в таком виде, как они располагались бы при отражении света от реального трехмерного объекта.

Принцип работы. Разделение объема воспроизведения выполняется множеством условных вертикальных плоскостей, проходящих через центр экрана. В каждой части разбитого плоскостями пространства наблюдается свой вид (ракурс) объемной сцены.

Обычно, когда речь заходит о голографических 3D-дисплеях, имеют в виду устройство, способное воспроизводить на некоем материале подобие традиционной голограммы, т. е. вычислять и отображать фиксируемую ею в виде дифракционных структур интерференционную картину светового поля, причем делать это в реальном времени (рис. 5.7).



Рис. 5.7. Голографический 3D-дисплей

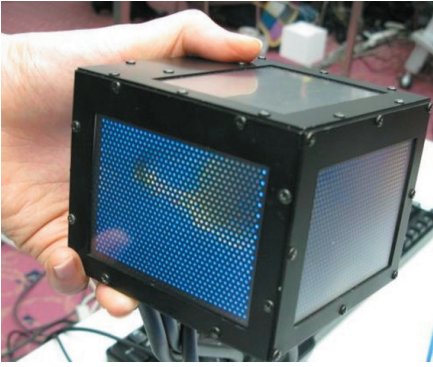


Рис. 5.8. Объемный дисплей

4. Объемные дисплеи – используют различные физические механизмы для показа светящихся точек в пределах некоторого объема (рис. 5.8).

Принцип работы. Такие дисплеи вместо пикселей оперируют вокселями (элемент объемного изображения, содержащий значение элемента раstra в трехмерном пространстве). Трехмерное изображение формируется на плоскости, совершающей 24 оборота в секунду, с помощью вокселей, которые поглощают или пропускают свет от так называемого «изотропно излучающего источника».

В объемных, или воксельных дисплеях объемное изображение формируется из светящихся точек в пределах некоторого объема. Объемные дисплеи строятся на разных принципах. Например, они могут состоять из множества плоскостей, формирующих изображение, которые расположены одна над другой, одной качающейся плоскости, или же вращающихся плоских, или криволинейных панелей (рис. 5.9).

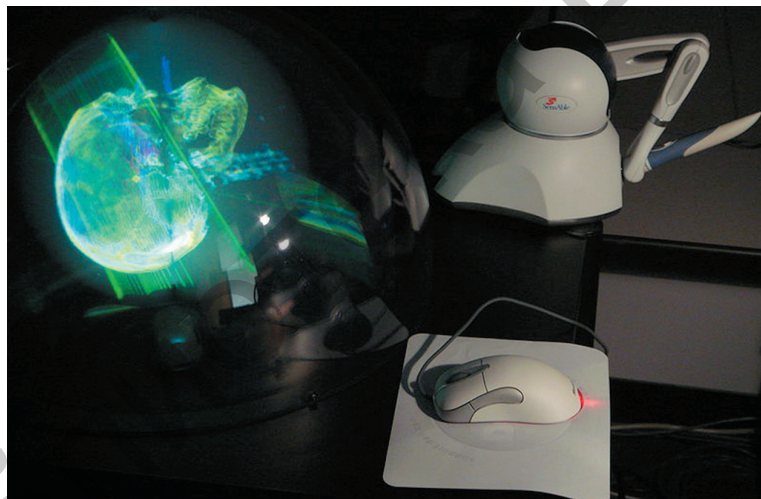


Рис. 5.9. Визуализация воксельной модели на 3D-дисплее Perspecta volumetric

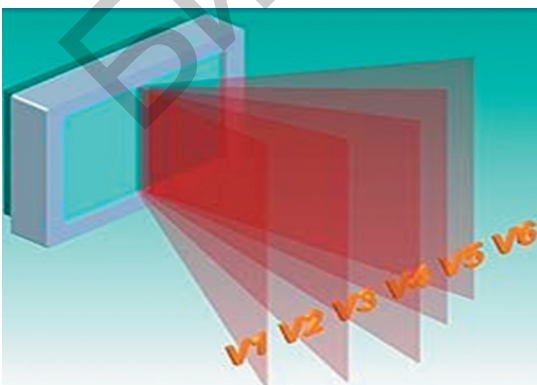


Рис. 5.10. Схема восприятия изображения человеческим глазом с мультивидового дисплея

5. Мультивидовые 3D-дисплеи воспроизводят несколько последовательных ракурсов объемной сцены, любые два из которых составляют стереопару.

Принцип работы. Разделение объема воспроизведения происходит несколькими условными вертикальными плоскостями, проходящими через центр экрана. В каждой части разбитого плоскостями пространства наблюдается свой вид (ракурс) объемной сцены (рис. 5.10–5.12).

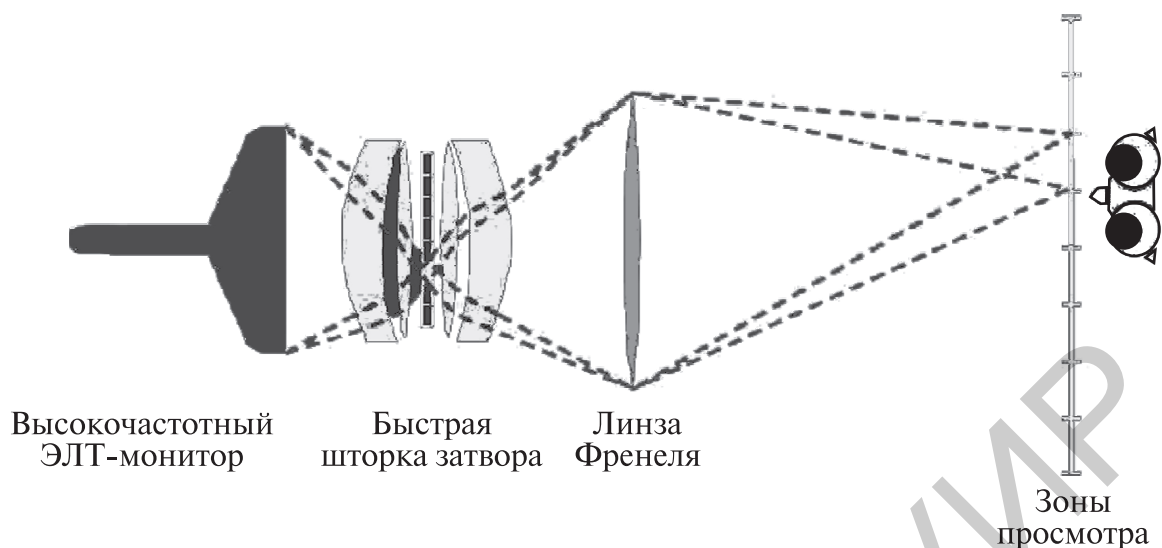


Рис. 5.11. Схема увеличения зон просмотра мультивидового дисплея

Перспективное решение:

- голографические оптические элементы (НОЕ);
- каждый элемент преломляет свет в одном из нужных направлений;
- возможность разбиения не только на горизонтальные ракурсы, но и на вертикальные.

6. Волюметрические 3D-дисплеи воспроизводят изображение в виде набора точек (вокселей) или векторов, физически разнесенных в ограниченном рабочем пространстве дисплея (объеме воспроизведения) (рис. 5.13–5.14).

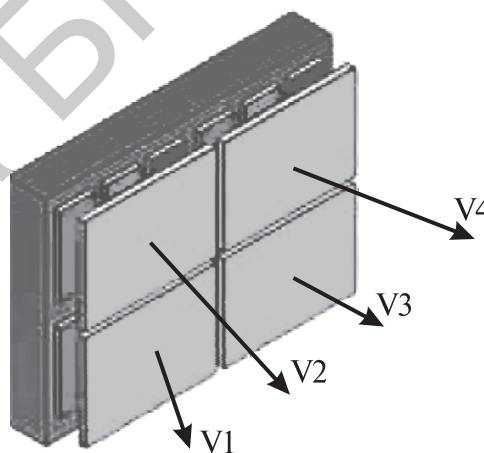


Рис. 5.12. Барьерный и линзовый параллакс мультивидового дисплея

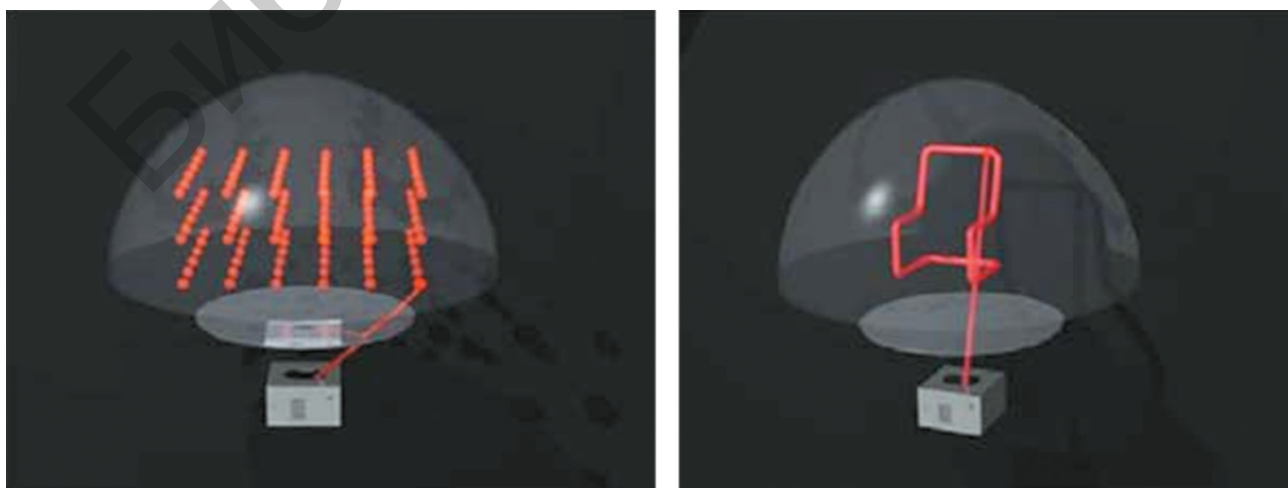


Рис. 5.13. Изображение, создаваемое волюметрическим 3D-дисплеем

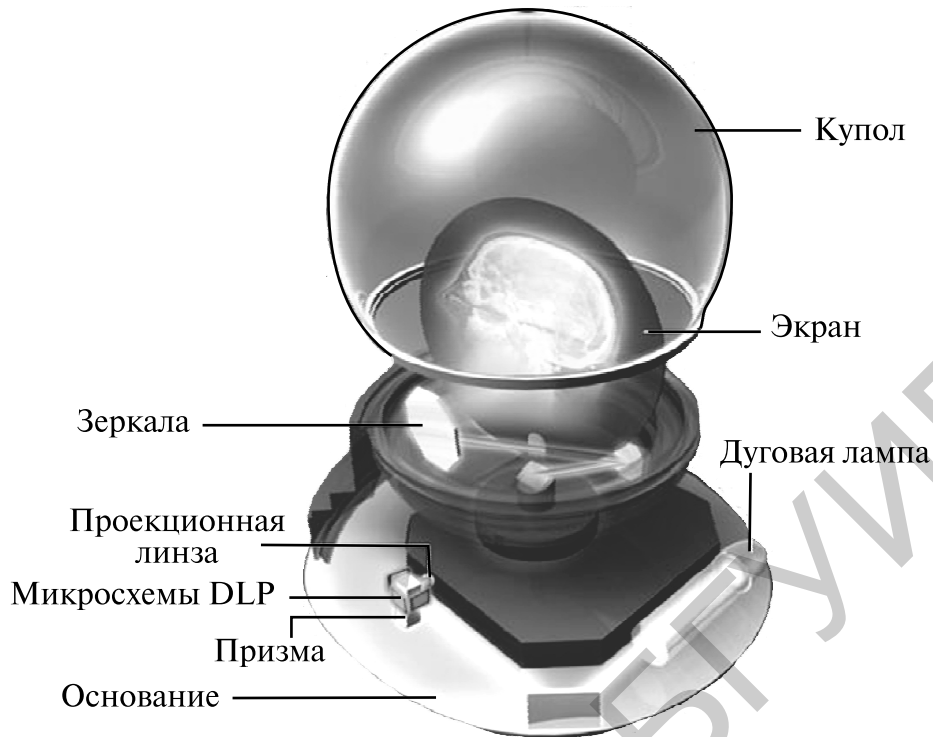


Рис. 5.14. Волюметрический дисплей
Perspecta Spatial 3D

Внешне волюметрический дисплей не похож на привычный экран на базе ЭЛТ- или ЖК-матрицы. Perspecta Spatial 3D представляет собой прозрачную сферу диаметром 51 см, размещенную на специальной подставке. Никаких специальных очков, для того чтобы видеть трехмерное цветное изображение, не требуется. Чтобы посмотреть на отображаемый предмет с другого ракурса, достаточно подойти к дисплею с другой стороны. Качество изображения не зависит и от угла, под которым смотрит наблюдатель.

7. Чересстрочные стереодисплеи. В таких дисплеях благодаря ЖК-технологии стал возможным одновременный, а не последовательный вывод на экран двух полей стереопары.

Принцип работы. Одна половина стереопары выводится на четных строках, другая — на нечетных, имеющих разную поляризацию (ортогональную при линейной и противоположную — при круговой поляризации), благодаря чему происходит разделение изображений для левого и правого глаза при просмотре через поляризационные очки (рис. 5.15).

Достоинства:

- компактность и приемлемая цена;
- сохранение качества изображения в 2D-режиме;
- отсутствие мерцания, свойственного эклипсному методу;
- пассивные поляризационные очки намного дешевле и легче, чем активные;
- используется круговая поляризация, позволяющая пользователю менять наклон головы без потери стереоизображения.

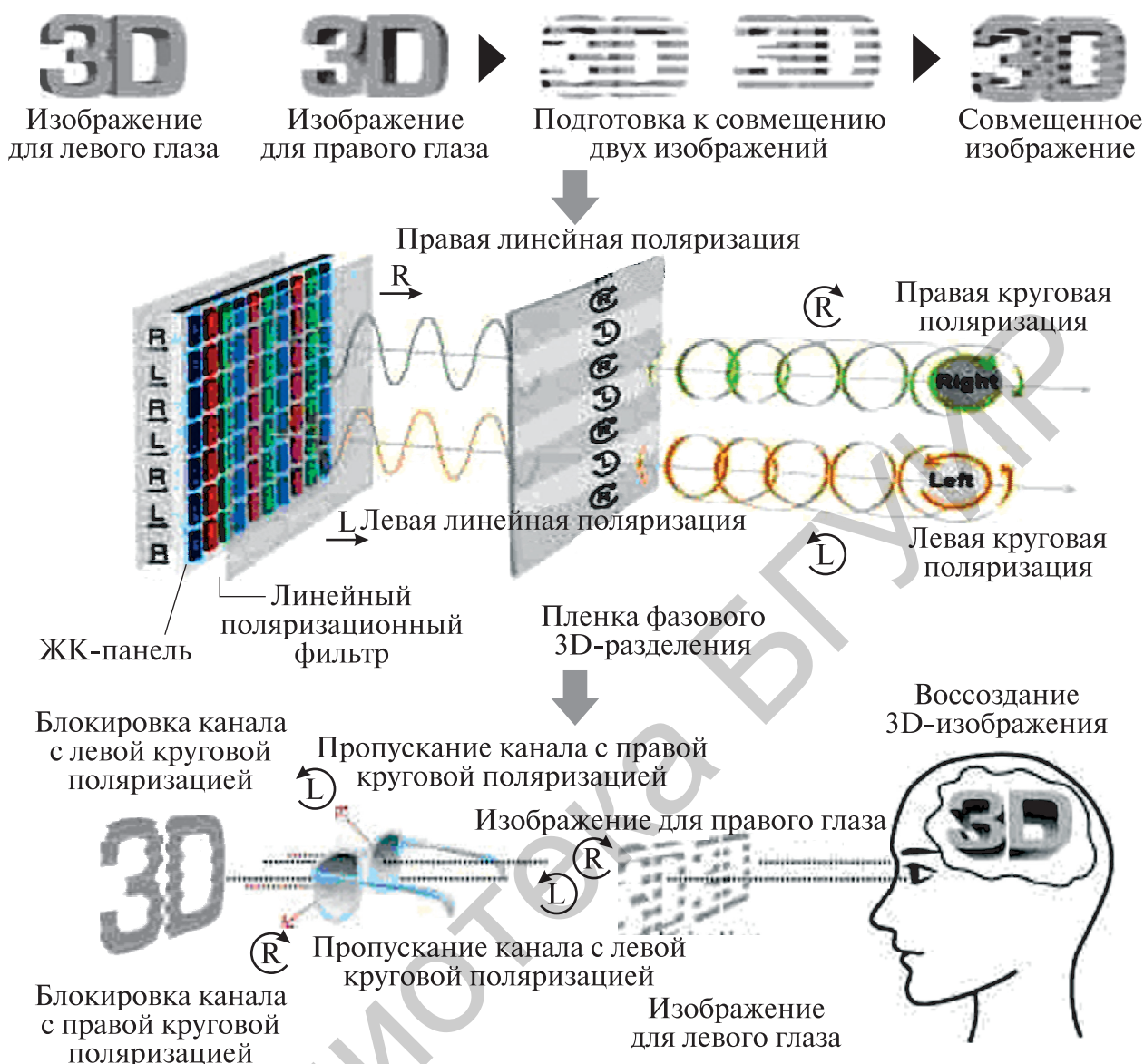


Рис. 5.15. Принцип действия чересстрочных стереодисплеев

Недостатки:

- использование только половины строк растрового изображения приводит к потере разрешения и микрополосчатости, что вызывает повышенную утомляемость пользователя при длительной работе;
- при проведении измерений и прорисовке мелких объектов для компенсации эффекта потери вертикального разрешения необходимо работать в увеличенном масштабе, что не всегда комфортно;
- данный стереорежим приспособлен в основном для полноэкранный просмотра.

8. Поляризационно-фазовые стереодисплеи. В поляризационно-фазовых дисплеях используется оригинальный способ получения стереоэффекта, не применявшийся ранее.

Принцип работы. Он основан на представлении стереопары как суммы двух ортогонально-ориентированных поляризованных изображений. Тех-

нически это реализуется установкой второй ЖК-панели без поляризационных фильтров, которая поворачивает плоскость поляризации в зависимости от отношения яркости пикселей на левой и правой половине стереопары. На первой панели в каждом пикселе задается суммарная интенсивность, а на второй – ориентация плоскости поляризации проходящего света. На поляризационных фильтрах очков происходит обратное преобразование и изображения для левого и правого глаза вновь разделяются (рис. 5.16).

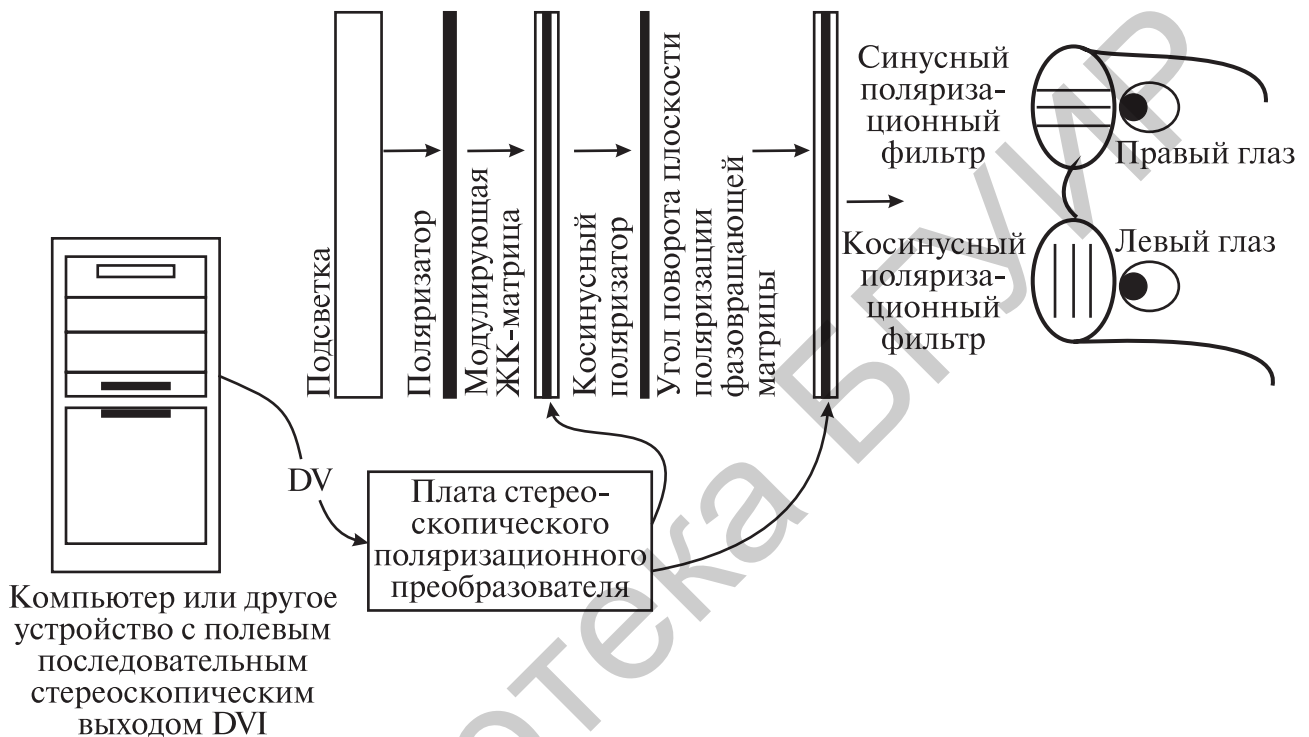


Рис. 5.16. Принцип действия поляриционно-фазового стереодисплея

Достоинства:

- небольшие габариты;
- применение легких пассивных поляризационных очков;
- сохранение исходного разрешения ЖК-матриц;
- отсутствие мерцания, свойственного эклипсному методу.

Недостатки:

- невысокий стереоконтраст (т. е. неполное разделение ракурсов стереопары – двоение контуров) и артефакты (искажения изображения) из-за погрешности поворота угла поляризации ЖК-матрицей и неточного совмещения пикселей модулирующей и фазированной матриц, особенно по краям экрана;
- снижение качества изображения в 2D-режиме из-за наличия дополнительной фазированной матрицы.

9. Зеркальные стереодисплеи. Современные зеркальные стереодисплеи в целом построены по схеме, основанной на совмещении двух ортогонально поляризованных изображений с двух дисплеев с помощью полупрозрачного зеркала и последующем разделении левого и правого ракурсов стереопары.

ры с помощью пассивных поляризационных очков. Существенным отличием современных стереодисплеев является использование ЖК-панелей, что позволяет создать конструкцию, приемлемую по размерам для стандартного рабочего места (рис. 5.17).



Рис. 5.17. ЖКИ-монитор с поляризационными очками StereoPixel

Изделия серии SD созданы с применением новаторской технологии StereoMirror и обеспечивают стереоскопическое изображение наивысшего для настольных мониторов качества. Технология StereoMirror предоставляет качественное изображение для таких применений, как космическая, аэро- и фотограмметрия, медицинская интроскопия, сложное моделирование визуальных отображений и компьютерные игры.

Достоинства:

- высокое качество изображения;
- легкие поляризационные очки;
- хорошая совместимость с имеющимся программным обеспечением;
- возможность прямого, без компьютера, подключения стереовидеокамер (изображение с каждой камеры выводится на отдельный дисплей).

Недостатки:

- высокая цена;
- ограниченное зеркалом поле зрения, что затрудняет обучение и совместную работу нескольких пользователей;
- большие габариты, сравнимые с габаритами ЭЛТ-дисплея с тем же размером экрана (рис. 5.18).

Рассмотрев основные виды дисплеев трехмерной визуализации, в качестве сравнительных примеров можно привести некоторые характеристики стереоскопических дисплеев (табл. 5.1).



Рис. 5.18. Стереодисплей фирмы Planar

Таблица 5.1

Характеристики стереоскопических дисплеев

| Класс | Производитель | Модель | Размер экрана | Разрешение 2D/3D | Яркость, кд/м ² | Контрастность | Угол обзора, град | Интерфейс | Тип поляризации | Рекомендуемое применение |
|------------------------|----------------------|------------------|---------------|--------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|--|--|--|
| Чресстрочные | Zalman (Корея) | ZM-M190 | 19" | 1280×1024/1280×512 | 300 | 1000:1 | 160 | D-SUB, DVI-D | Круговая | Демонстрации, реклама, игры |
| | | ZM-M220W | 22" | 1680×1050/1680×525 | | 1000:1 | | | | |
| | Pavonine (Корея) | Miracube G170S-C | 17" | 1280×1024/1280×512 | 300...400 | 700:1 | 160 | DVI | | |
| | | Miracube G170S-L | | | | | | | | |
| | Hyundai (Корея) | Miracube G240S | 24" | 1920×1200/1920×600 | 300...400 | 1000:1 | 160 | DVIiiVGA | | |
| | | Miracube G320S | 32" | 1360×760/1360×384 | | | | | | |
| Фазово-поляризационные | NuVision (США) | P240W/XpolW | 24" | 1920×1200/1920×600 | 2D-200 | > 1000:1 | > 160 | DVI & VGA | Демонстрации, реклама, игры, наука, производство | |
| | | P460W/XpolW | 46" | | 3D-40 на каждый глаз | 700:1 | 170 | 1xDVI, 1xDVI/VGA | Демонстрации, реклама, игры | |
| Зеркальные | Planar (США) | Z3D | 22" | 1680×1050 | 250 | 700:1 | 170 | DVI | Линейная | Фотограмметрия, производство, наука, демонстрации, реклама, игры |
| | | SD1710 | 17" | 1280×1024 | 70 | 2D-400:1 3D-150:1 | 170 | VCAS-VHS компонентный, композитный DVI-I, VGA VGA, DVI-D, S-VHS компонентный DVI-D, SVHS, композитный, VGA | | |
| | | SD2220 | 22" | 1600×1200 | 150 | 2D-400:1 3D-150:1 | | | | |
| | SD2620 | 26" | 1920×1200 | 180 | 500:1 | | | | | |
| | TRUE3Di (Канада) | Opis 190 | 19" | 1280×1024 | 250 | 1000:1 | 170 | VGA, DVI-D, S-VHS | | |
| | | Opis 240 | 24" | 1920×1200 | 400 | 1000:1 | | | | |
| | StereoPixel (Россия) | Opis 400 | 40" | 1920×1080 | 400 | 600 | 170 | VGA, DVI-D | | |
| | | LcReflex-1702 | 17" | 1280×1024 | 300 | | | | | |
| | | LcReflex-2002 | 20" | 1400×1050 | 300 | | | | | |

Из табл. 5.1 видно, что разрешение 2D в случае чересстрочных дисплеев всегда больше по сравнению с разрешением 3D (например, при использовании дисплея Zalman для 2D-изображения разрешение 1280×1024, а для отображения 3D-графики – уже 1280×512). В отношении фазово-поляризационных и зеркальных дисплеев разрешение в обоих случаях (2D и 3D) будет одинаково. Яркость дисплеев разных классов варьируется от 200 до 400 кд/м². Что касается контрастности, то и здесь можно заметить значительные расхождения от 150:1 до 1000:1. Угол обзора примерно одинаков и не сильно варьируется – от 160 до 170°. Все стереоскопические дисплеи без исключения применяются для игр и демонстрации рекламы.

5.3. HR3D – будущее дисплеев 3D-визуализации

Дисплей High-Rank 3D (HR3D) воспроизводит трехмерное, доступное для просмотра под всеми углами изображение (рис. 5.19).

Он состоит из двух панелей разных световых рангов и использует сложный алгоритм обработки изображения. Подход, используемый в более простых дисплеях на основе параллакс-барьера, тут значительно расширен – вместо затемненной решетки в качестве барьера используется вторая ЖК-панель, которая формирует сетку затворов из точек, которая подстраивается под специально формируемое изображение нижнего экрана. Комбинирование кадров этих изображений, их яркости и структуры зазоров дает эффект, который изобретатели назвали Content Adaptive Parallax Barrier – «параллаксом, адаптирующимся к контенту».

Особенность заключается в том, что для создания рабочего прототипа ученые использовали две обычные серийные ЖК-панели с частотой обновления 120 Гц. Опытный образец был создан удалением поляризационного покрытия при помощи обычного ластика, и все фильтры с одной панели были размещены над второй. При этом нижнее изображение, как и верхнее, подвергается обработке математическим алгоритмом и формируется разделенная по времени вывода пара «маска – кадр». При этом изображение-маску выводит верхняя панель (рис. 5.20).

Мультипараллакс-эффект достигается за счет адаптации сетки затворов к изображению, в отличие от строгой сетки обычного параллакс-барьера.

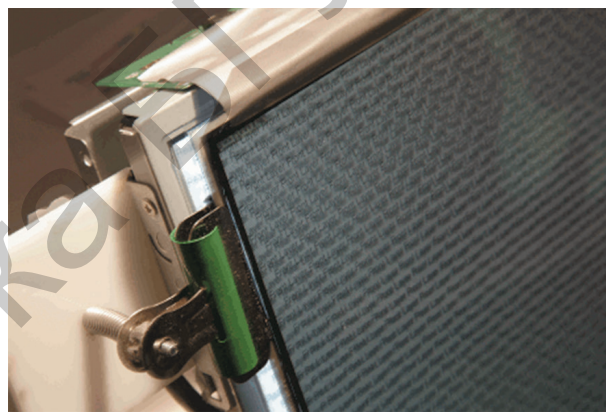


Рис. 5.19. Дисплей High-Rank 3D (HR3D)

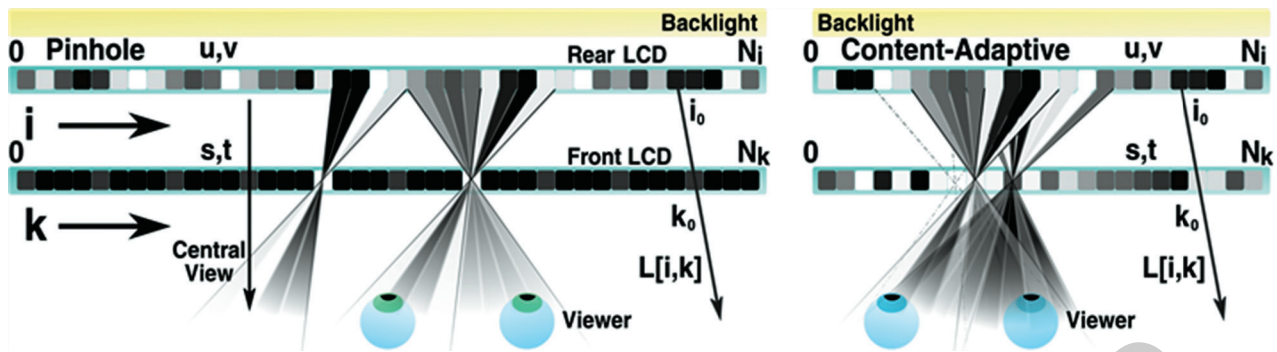


Рис. 5.20. Принцип работы HR3D

Достоинства:

- при любых наклонах головы и смене угла зрения качество картинки не падает;
- минимальная потеря яркости и поддержка высоких разрешений и экранов с высокой частотой обновления изображения, что в перспективе может быть полезным при производстве мобильных устройств, где особенно важен вопрос энергопотребления.

Недостатки:

- обсчет необходимых «пар изображений» для верхней и нижней панели отнимает на порядок больше ресурсов;
- прототип на сегодняшний день способен демонстрировать лишь заранее перекодированный контент, «кодирование на лету» требует слишком больших затрат машинного времени.

5.4. Программное обеспечение мониторов 3D-визуализации

Программные пакеты, позволяющие создавать 3D-графику, т. е. моделировать объекты VR и создавать на основе этих моделей изображения, очень разнообразны. Последние годы устойчивыми лидерами в этой области являются коммерческие продукты: такие, как 3D-Studio Max, Maya, Lightwave 3D, Softimage, Sidefx Houdini, Maxon Cinema 4D и сравнительно новые Rhinoceros 3D, Nevercenter Silo или ZBrush. Кроме того, существуют и открытые продукты, распространяемые свободно, например, пакет Blender (позволяет создавать 3D-модели, с последующим рендерингом (компьютерной визуализацией)), K-3D и Wings3D.

Рассмотрим некоторые программы для создания 3D-графики:

1. Artlantis. Эта программа, благодаря простоте работы, интуитивному интерфейсу и мощным инструментам управления, позволяет быстро получить высококачественное фотоизображение проекта, сцены и панорамы виртуальной реальности (QuickTime VR/Panoramas) и анимацию. С ней уже работают более 75 000 архитекторов, дизайнеров и градостроителей в более чем 80 стра-

нах. Программа открывает большие возможности создания реалистичных эффектов из повседневной жизни.

2. PRO100. Это самостоятельная программа для проектирования мебели и аранжировки интерьеров с немедленной стереоскопической визуализацией сцены. Отличается простотой обслуживания и профессионализмом решений, понятностью интерфейса и множеством инструментов, возможностью построения собственных библиотек и пользования готовыми модулями. Благодаря особенностям программы пользователь получает доступ к разнообразным пакетам и элементам с обозначением размеров и другим возможностям (рис. 5.21).

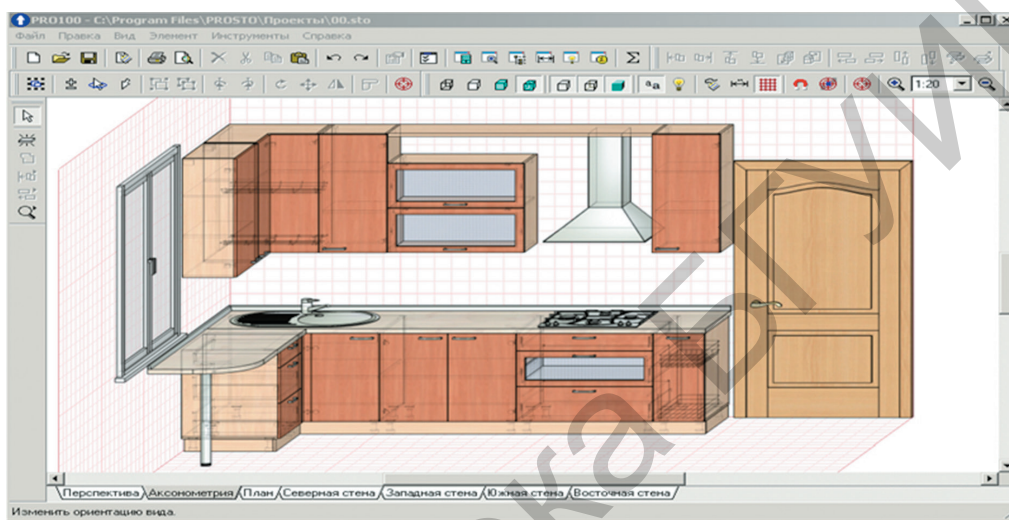


Рис. 5.21. PRO100

3. AutoCAD. Это двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 г. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. AutoCAD является одной из самых распространенных программ во всем мире. Она дает возможность качественно и доступно визуализировать различные объекты и составлять документацию.

4. 3D-Studio Max Autodesk. Полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трехмерной графики и анимации, разработанная компанией Autodesk. Содержит самые современные средства для художников и специалистов в области мультимедиа.

3Ds Max располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности 3D-компьютерных моделей, реальных или фантастических объектов мира, с использованием разнообразных техник и механизмов, включающих следующие:

- моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов (NURBS);
- моделирование на основе так называемых «сеток кусков» или поверхностей Безье (Editable patch) — подходит для моделирования тел вращения;

- моделирование с использованием встроенных библиотек стандартных параметрических объектов (примитивов) и модификаторов;
- полигонное моделирование, в которое входит Editable mesh.

Полигонное представление — это совокупность полигонов, сложенных вместе наподобие мозаики таким образом, чтобы как можно точнее воспроизвести требуемую форму. Под полигоном понимается плоский многоугольник (т. е. многоугольник, все вершины и ребра которого лежат в одной плоскости), составленный из треугольников. Чем меньше полигон, тем большее их количество используется для воссоздания поверхности, тем точнее представление (рис. 5.22).

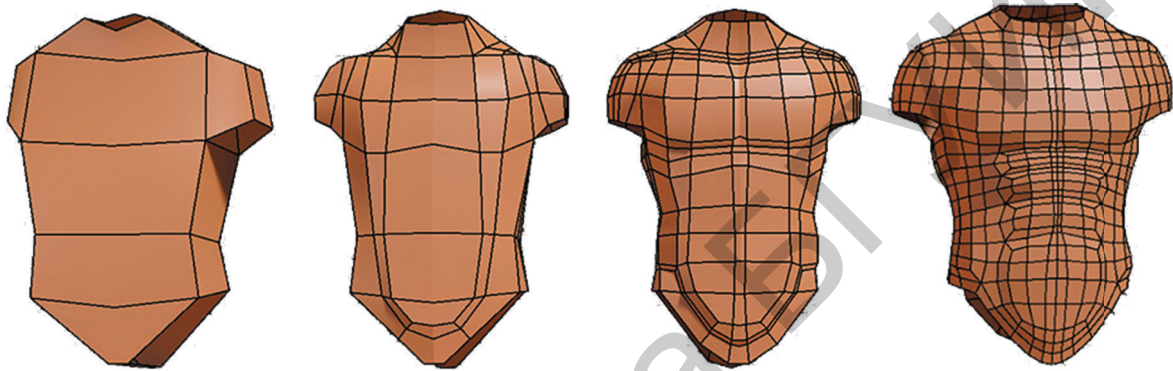


Рис. 5.22. Полигонная модель представления формы

3Ds Max включает механизм расчета физики Reactor, разработанный компанией Navok. Reactor позволяет моделировать поведение твердых тел, мягких тел, ткани с учетом силы тяжести и других воздействий. Так же как и в других программах имитации динамики в Reactor используются упрощенные выпуклые оболочки объектов, которые могут быть настроены на использование всех вершин объекта, увеличивая время обработки (рис. 5.23).

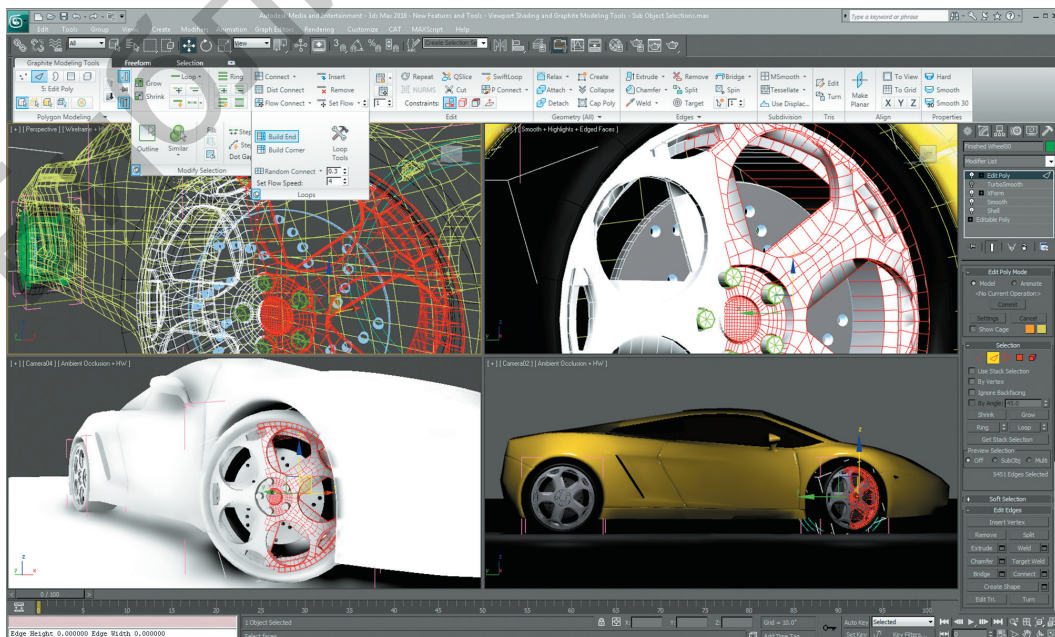


Рис. 5.23. Пример модели автомобиля, созданной в 3Ds Max

5.5. Программный пакет 3Ds Max Autodesk

3Ds Max Autodesk – полнофункциональная профессиональная программная среда для создания и редактирования трехмерной графики и анимации, разработанная компанией Autodesk. Содержит программные модули 3D-моделирования, создания сцен, анимации, расчета физики объектов и систем частиц. Функционал программы весьма разнообразен и может расширяться с помощью дополнительных средств – плагинов.

3Ds Max-моделирование. Виды моделирования. 3Ds Max располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трехмерных компьютерных моделей с использованием разнообразных техник и механизмов, включающих следующие:

1. Полигональное моделирование, в которое входят Editable mesh (редактируемая поверхность) и Editable poly (редактируемый полигон) – это самый распространенный метод моделирования, используется для создания сложных моделей и низкополигональных моделей для игр.

2. Моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов (NURBS – Non-uniform rational B-spline), когда плавная кривая или поверхность задается посредством опорных точек или ломаной линии с определенным количеством опорных точек на ней (рис. 5.24).

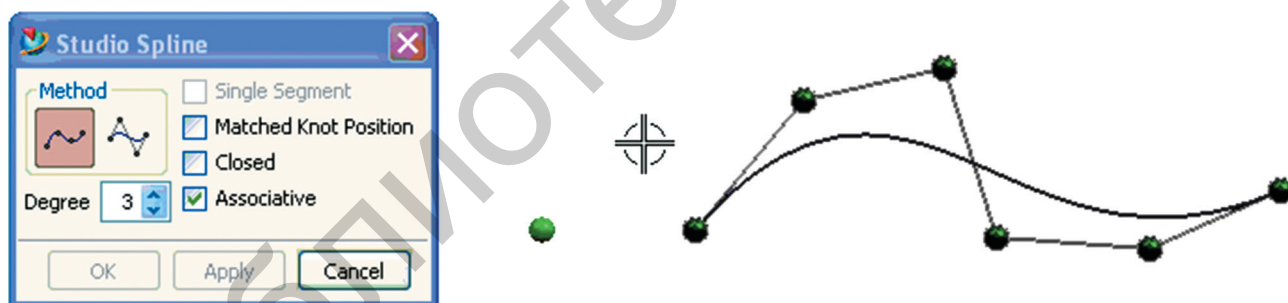


Рис. 5.24. Опорные точки

3. Моделирование на основе поверхностей Безье (Editable patch) – подходит для моделирования тел вращения.

4. Моделирование с использованием библиотек стандартных примитивов и модификаторов. Примитивы используются в сочетании друг с другом для создания объектов сложной структуры.

5. Методы моделирования могут сочетаться друг с другом.

Текстурирование. Для того чтобы разрабатываемая модель представляла собой больше, чем набор полигонов, на нее нужно наложить текстуру (рис. 5.25).

Текстура – растровое изображение, накладываемое на поверхность полигона, из которого состоят 3D-модели, для придания ей цвета, окраски или иллюзии рельефа.



Рис. 5.25. Текстурирование

Программный пакет 3Ds Max предоставляет выбор средств рисования, наложения и послойного расположения текстур:

- работа с текстурами, включающая размещение мозаикой, зеркальное отражение, декали, размытие, нанесение сплайнов, растягивание текстур UV, устранение искажений;
- моделирование затененностей любого уровня сложности, используя обширные библиотеки текстур (в том числе процедурных) и изображений;
- рисование непосредственно на 3D-объектах в несколько слоев с использованием любых текстур и материалов;
- функция рендеринга в текстуры позволяет «запекать» параметры материалов и освещенности каждого объекта в новые карты текстур;
- библиотека материалов Autodesk предоставляет возможность выбора из более чем 1200 шаблонов и точный обмен материалами с приложениями, поддерживаемыми Autodesk.

Создание анимации. Передовые инструменты 3Ds Max помогают создавать интеллектуальных, правдоподобных персонажей и выполнять высококачественную анимацию.

Инструменты для анимации персонажей позволяют эффективно выполнять процедурную анимацию и оснастку двуногих персонажей и толпы.

Модификаторы Skin и CAT Muscle (CAT – Character Animation Toolkit) позволяют осуществлять точное и плавное управление скелетной деформацией при перемещении костей.

Сложные механизмы и персонажей можно оснащать нестандартными скелетами, используя кости 3Ds Max, модули решения задач обратной кинематики (ИК) и настраиваемые средства оснастки.

Объединение одно- и двусторонних связей между контроллерами помогает создавать упрощенные интерфейсы 3D-анимации.

Объекты CAT, Vired и 3Ds Max могут быть анимированы с использованием слоев, что позволяет работать с данными захвата множества движений без нарушения ключевых кадров.

Системы частиц. При необходимости создать сцену, где требуется смоделировать дождь, снег, дым, огонь, звездное небо, струи фонтана, искры и другие эффекты, используют систему частиц.

Система частиц (Particle System) — это совокупность малоразмерных объектов, управляемых по целому ряду параметров.

Начиная с восьмой версии, имеется семь основных источников частиц, демонстрирующих различное поведение:

1. PF Source (Источник потока частиц) — поток «умных» частиц, способных реагировать на запрограммированные события. Такой поток частиц может имитировать что угодно — от брызг фонтана до дымового шлейфа реактивного двигателя самонаводящейся ракеты.

2. Spray (Брызги) — создает упрощенный вариант эффекта водяных брызг, наподобие капель дождя, и имеет много параметров для настройки формы частиц, их размера и характера падения.

3. Super Spray (Супербрызги) — существенно усовершенствованная по сравнению со стандартной система брызг, позволяющая смоделировать почти все эффекты, основанные на системах частиц. Частицам можно придавать форму различных объектов.

4. Snow (Снег) — создает простой эффект падающего снега и имеет много параметров для настройки формы частиц, их размера и характера падения.

5. Blizzard (Метель) — существенно усовершенствованная версия частиц Snow (Снег). Частицам можно придавать форму различных объектов.

6. PArray или Particle Array (Массив частиц) — подходит для моделирования частиц любого типа, а также для усовершенствованных эффектов имитации взрыва. Частицам можно придавать форму различных объектов.

7. PCloud или Particle Cloud (Облако частиц) — создает статичное облако частиц и может применяться для имитации трехмерных звездных полей, косяка рыб или стаи птиц. Частицам можно придавать форму различных объектов.

Модуль Hair&Fur (волосы и мех) позволяет моделировать волосы, шерсть, траву, прутья и др. (рис. 5.26).

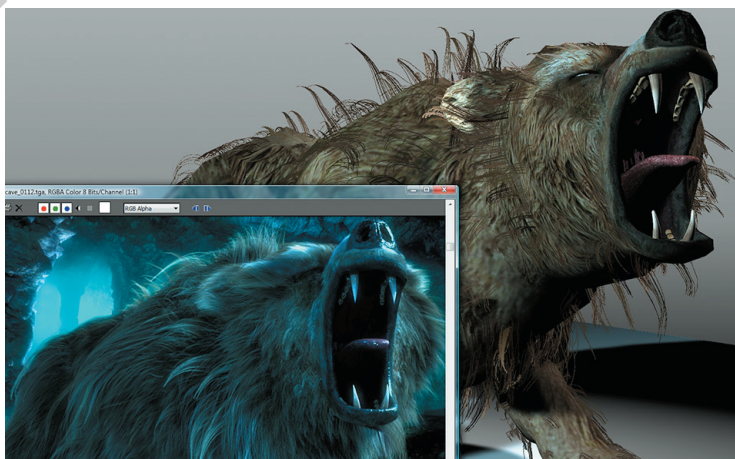


Рис. 5.26. Модуль Hair&Fur

Множество объектов в окружающей природе обладает свойствами, подобными волосам, и представляют тем самым сопоставимые проблемы в отношении их моделирования для компьютерной графики. Такие вещи, как перья, листья, цветы и другие объекты с большой площадью распространения, могут быть полностью описаны системой, применяемой при создании волос, однако вместо каждого волоса мы «выращиваем» с имеющейся поверхности какой-либо объект.

Расчет физики в 3Ds Max. 3Ds Max включает механизм расчета физики Reactor. Он позволяет моделировать поведение твердых тел, мягких тел, ткани с учетом силы тяжести и других воздействий. Модуль 3Ds Max комплектуется модулем MassFX, основанным на физическом движке PhysX.

Физический движок Reactor способен проводить расчеты на обнаружение столкновений и моделирование физического поведения для следующих классов тел: абсолютно твердое тело, деформируемое тело, ткань и веревка, а также для тел, являющихся составными из данных четырех. Кроме этого, Reactor способен моделировать взаимодействие данных четырех классов тел с объемами жидкости и настраивать некоторые параметры жидкости, такие как вязкость.

Reactor включает большое количество сил, которые могут воздействовать на физические объекты: гравитацию, ветер и механические воздействия. Кроме этого, присутствует определенный набор составных физических тел: пружина, мотор, разрушаемые объекты, «тряпичные куклы» и автомобили с настраиваемыми параметрами (корпус, оси, колеса).

Reactor содержит ограничители соединений, включая петлевые, шарнирные и поршневые соединения, призматические соединения, соединения оси с колесом и др.

Физический движок MassFX от nVidia. MassFX в свою очередь использует твердотельное моделирование. Это означает, что расчет производится с учетом того, что тела не деформируются в процессе взаимодействия. Также для расчета физических взаимодействий создается копия геометрической поверхности объекта, которая в общем случае не совпадает со своим оригиналом. То есть при визуализации используется один объект, для просчета физики – другой, незаметный при рендере.

Второе упрощение – не поддерживаются тела с вогнутой геометрией. При необходимости смоделировать сцену, в которой маленький мячик прокатывается под днищем автомобиля (днище можно считать вогнутой поверхностью относительно колес), поверхность рассчитываемого тела будет плоской на уровне поверхности шин. Это означает, что виртуальный мячик отскочит от любой точки соприкосновения с автомобилем, даже если визуально он угодил между колесами. Существует способ обойти данное ограничение, используя составной объект, когда графическое тело представляется как совокупность более простых физических тел (рис. 5.27).

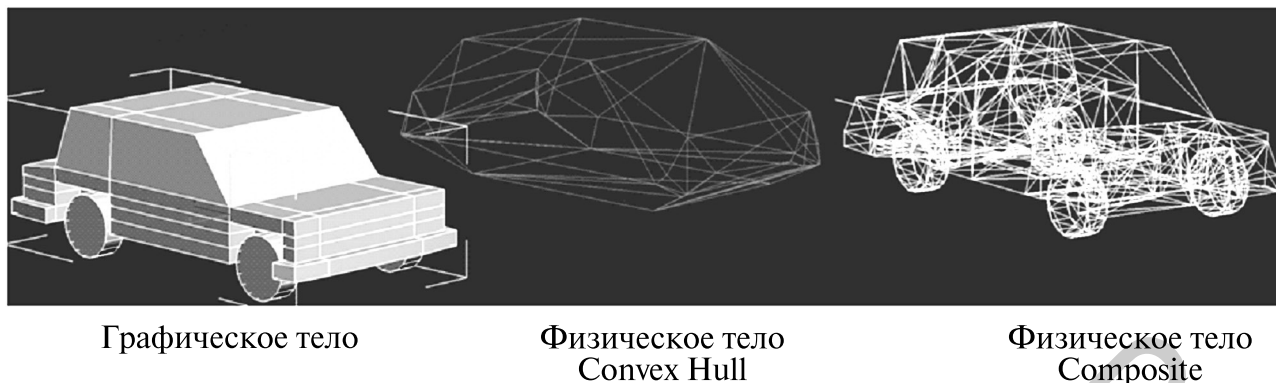


Рис. 5.27. Расчет физики в 3Ds Max

В MassFX различают три вида физических тел: Dynamic, Kinematic и Static. Dynamic-тела рассчитываются с учетом собственной массы, гравитации в системе, а также трения. Самый простой пример такого тела – мячик (вот только он не будет деформироваться).

Тела Kinematic могут быть анимированы с помощью анимационных параметров, на них не действует гравитация, их не может сдвинуть с места тело типа Dynamic, но сами они могут передать импульс Dynamic-телам. Они удобны для создания объектов, которые должны двигаться не по законам физики, а по заданной нами траектории.

Тела Static единственные, которые поддерживают вогнутую геометрию, подобны телам Kinematic, но не могут быть анимированы. Позволяют экономить на расчетах.

Для указанных выше физических тел доступны такие параметры, как плотность, масса, трение покоя, трение движения и упругость. Как и в реальном мире, масса зависит от плотности через объем физического тела. Таким образом, корректно рассчитывается поведение футбольного мяча и шара для боулинга. Трение разделено на два параметра, т. к. обычно трение покоя больше трения движения. Упругость отвечает за отскок.

Плагины и дополнительные возможности. 3Ds Max обладает довольно обширной базой стандартных средств, облегчающих моделирование всевозможных спецэффектов. Помимо стандартной базы существует масса дополнительных средств (**плагинов**), позволяющих не только создавать значительно более реалистичные эффекты огня, воды, дыма, но и содержащих дополнительные инструменты моделирования. Плагины являются внешними встраиваемыми модулями, которые продаются отдельно от пакета 3Ds Max или же распространяются бесплатно через Интернет.

Вот список некоторых плагинов для 3Ds Max:

- FumeFX – фотореалистичные эффекты огня, языков пламени, дыма и т. д.;
- DreamScape – реалистичные ландшафты, горы, небо, атмосферные эффекты и т. д.;
- RealFlow – фотореалистичные эффекты воды, всплески, туман, пена, водопады, фонтаны, волны и т. д.

3Ds Max обеспечивает передачу данных между файлами, приложениями, пользователями и рабочими местами.

Кроме того, в 3Ds Max обеспечивается улучшенная совместимость с Adobe Photoshop, Adobe After Effects и другими продуктами от Adobe и Autodesk.

Данными о дизайне изделий можно обмениваться с различными САПР, такими, как AutoCAD, PTC Pro/ENGINEER, Siemens PLM Software NX и др.

Глава 6

СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

6.1. Устройство и принцип действия стереочков и стереоэкранов

Основным принципом всех современных 3D-стереотехнологий является разнесение изображения отдельно для каждого глаза. В жизни мы видим каждым глазом чуть различную картинку, которая отличается на небольшой угол зрения. Соответственно, мы получаем две слегка различающиеся картинки, которые наш мозг восстанавливает в одну объемную стереоскопическую картинку. Таким образом, 3D-стереоизображение формируется именно мозгом.

Когда мы смотрим обычный телевизор, то каждому глазу показывается одинаковая картинка и не возникает объемного стереоэффекта. Для решения этой задачи был открыт принцип стереоскопии, который заключается в том, что при показе каждому глазу специально подготовленной отдельной картинке человек начинает видеть объемное 3D-стереоизображение.

Анаглиф-очки — разноцветные очки, у которых вместо линз вставлены светофильтры. Разделение изображения на цвета получается с помощью цветовой фильтрации. В изображении (для красно-сине-зеленого анаглифа), например, в красном канале в RGB цветовой системе помещается только левый ракурс стереокартинки, в синем и зеленом канале — только правый ракурс картинки. В очках находятся соответственно светофильтры таких же цветов, в левом — красный, в правом — сине-зеленый, каждый глаз видит свое изображение (ракурс) (рис. 6.1).

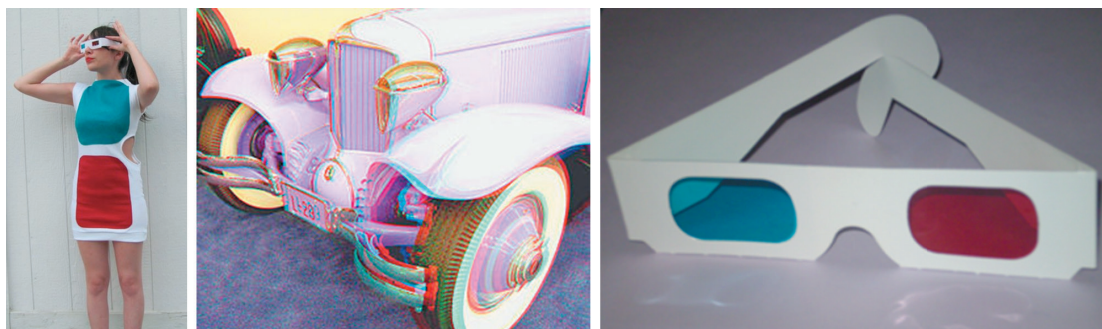


Рис. 6.1. Анаглиф-очки

Плюсы:

- простота, дешевизна;
- не требует дополнительных средств воспроизведения;
- достаточно только анаглиф-очков;
- нервная система довольно хорошо интерпретирует его.

Минусы:

- плохая цветопередача, «убивание» цвета;
- быстрая утомляемость глаз;
- пропускание светофильтрами не своей картинки (двоение);
- любой видеокodeк при сжатии добавляет дwoящиеся контуры, особенно их много в красном ракурсе (в два раза больше, чем в сине-зеленом);
- анаглиф не любит сжатия видео (для фотографий не принципиально, сжатие там не такое агрессивное и контуры не «пропечатываются»);
- время адаптации составляет около 30 с, после длительного использования на пропорциональный период нарушается цветовосприятие.

Стереочки. С их помощью можно смотреть стереоскопические 3D-фильмы. Из-за этого изображения кажутся визуально объемными и выходящими за пределы экрана благодаря тому, что 3D-очки выполняют функцию передачи для каждого глаза специально сформированного отдельного изображения. Каждый глаз в отдельности видит двухмерное изображение. При этом, т. к. линз две и они расположены на расстоянии 65 мм друг от друга, мы видим изображение одного и того же предмета с двух точек обзора. Для обработки информации в мозг передаются два плоских изображения, смещенные друг относительно друга. В результате формируется 3D-изображение видимой области пространства (рис. 6.2).

Поляризованные стереочки. Сами очки несколько дороже анаглифных и требуют прецизионного спецоборудования; киноэкран должен быть алюминированным, чтобы не было деполяризации света. Однако (кроме понижения яркости и дороговизны) выраженных недостатков не имеют. Обычно применяются в стереокинотеатрах (рис. 6.3).

Стереочки с многополосными фильтрами. Они обеспечивают стереоэффект за счет того, что линзы пропускают лишь узкие полосы красного, зеленого и синего. Оборудование относительно дешево, но сами стереочки дороги. Применяется в 3D-кинотеатрах формата Dolby 3D. Преимущество перед системами с пассивными поляризационными очками состоит в том, что для показа подойдет обычный экран.



Рис. 6.2. Одно из первых стереоизображений



Рис. 6.3. Поляризованные стереочки



Рис. 6.4. Затворные стереочки

Затворные стереочки. На экран проецируется картинка то для левого глаза, то для правого. Соответственно, очки открывают обзор то левому глазу, то правому. Применяются в 3D-кинотеатрах формата XpanD (рис. 6.4).

Используются в компьютерных играх, т. к. позволяют задействовать обычный ЭЛТ-монитор (но с мощной видеоплатой – нагрузка на нее повышается вдвое). ЖК-монитор годится не каждый – истинная частота обновления у большинства из них не превышает 30–75 Гц (имеется в виду фактическое время перестроения ЖК-цепочек, а не частота развертки). Примером такой технологии является nVIDIA 3D Vision. Для использования 3D Vision нужен ЖК-, плазменный или OLED-монитор с частотой развертки 100 Гц или выше, видеокарта от nVIDIA с 3D Vision и специальные очки. Зритель надевает ЖК-очки, которые поочередно (с частотой 60 Гц) затемняют левый и правый глаза человека, телевизор при этом показывает 120 изображений в секунду.

Затворные ЖК-очки. Деление картинки происходит путем небольших ЖК-панелей – затворов в очках (закрываются попеременно синхронно с чередованием кадров на мониторе) (рис. 6.5).

Плюсы:

- возможно качественное, полноцветное отображение с небольшим гхостингом (двоением), который зависит от качества очков;

- чем больше контрастность ЖК-матриц и ее отклик, тем меньше пропускание паразитных ракурсов и выше яркость;



Рис. 6.5. Затворные ЖКИ-очки

- хорошие дорогие очки дают очень качественное, без двоения изображение;
- при наклоне головы гхостинг (двоение) не возникает в отличие от поляризационных способов;
- не нужно особенного оборудования типа специального металлизированного экрана или двух проекторов.

Минусы:

- при малой частоте вертикальной развертки (ниже 100 Гц) мерцание на каждый глаз составляет 1/2 частоты развертки (40–50 Гц), поэтому устают глаза;
- требуется специальная настройка оборудования, стереоплееры, для игр – стереодрайверы;
- работают только с ЭЛТ-мониторами и DLP совместимыми проекторами.

Используются в кинотеатрах и аттракционах виртуальной реальности с беспроводными затворными очками. Также активно используются геймерами. На сегодняшний день появились беспроводные очки NVIDIA 3D Vision.

Звуковые очки. Пользователь может распознавать предметы вокруг через звуковые сигналы разной длины, частоты и громкости, перед этим выучив специальный язык и символы системы аудиокодировки (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Звуковые очки

Видеть предмет в этих очках можно, только услышав его. Поэтому все, что попадает в объектив встроенных в очки камеры, преобразуется в серию звуковых сигналов. Высота, длина, размеры – у каждой из предметных характеристик есть своя громкость, длина и частота.

Сейчас существует много проектов дополнительной реальности: Semapedia, ARTag, Layar, Arget и др. Компания Google ведет разработку пол-



Рис. 6.7. Стереозкраны

ноценных серийных очков дополненной реальности, которые скоро станут доступны широким массам.

Проекционный растровый экран предназначен для применения в безочковых системах стереоскопического кино, в том числе интегрального стереокино. Применяется экран с радиальным линзовым растром (растровые элементы расположены в виде расходящихся из одной точки линий). Если на такой экран проецируют два изображения стереопары два кинопроектора, то на отражающей поверхности

экрана за каждой линзой раstra образуется две узких полосы — одна от «левого» изображения, другая от «правого». В зале же образуются «зоны избирательного видения», в которых видны или только «левые» полосы, или только «правые». Зритель, два глаза которого оказались в разных таких зонах, воспринимает изображение как объемное (рис. 6.7).

6.2. Методы оценки способности восприятия стереоскопической информации

Методика оценки стереоэффекта, создаваемого анаглиф-очками и стереодисплеями. Правильная ориентация очков: левый глаз — красный фильтр, правый глаз — голубой фильтр. Для оценки способности восприятия стереоэффекта наденьте анаглифические очки, закройте правый глаз и посмотрите на тестовую картинку левым глазом через красный фильтр (цветная наклейка, рис. 1.2).

Если красный цветофильтр очков совпадает с цветами вашего монитора, вы должны увидеть черный (или очень темно-синий) квадрат на месте голубого и белый на месте красного. При несовпадающем красном фильтре квадраты будут цветными (голубой квадрат может быть от темно-голубого до темно-синего или ярко-фиолетового, а красный — от желтого до оранжевого).

Теперь закройте левый глаз и посмотрите на тестовую картинку через голубой фильтр. При совпадении цвета фильтра с цветами монитора вы должны увидеть черный квадрат (или очень темно-красный, темно-бордовый) на месте красного и белый на месте голубого. При несовпадающем голубом фильтре красный квадрат будет от красного до фиолетового, а голубой останется голубым, возможно, с каким-то оттенком.

Медицинский тест на проверку объемного зрения. «Крест» (цветная наклейка, рис. 1.3) — стандартный тест в офтальмологии для проверки бинокулярности зрения (наличия объемного или стереозрения). Наденьте красно-го-

лубые анаглифические очки. Закройте левый глаз и посмотрите на картинку внимательно 5 с, затем закройте правый глаз и посмотрите на картинку 5 с, затем посмотрите на картинку обоими глазами. Если обоими глазами вы видите мерцающий темный крест, значит, у вас все в порядке, и вы обладаете стереозрением. Если вы видите только горизонтальный или только вертикальный прямоугольник, значит, у вас проблемы со стереозрением и вы не можете видеть стереоизображение. В этом случае вы можете только определить, какой из глаз у вас ведущий, – тот, которым вы видите темный прямоугольник.

6.3. Устройство и принцип действия стереонаушников

В наушниках каждое ухо воспринимает звуки, идущие исключительно от излучателя, предназначенного именно для этого уха, что приводит к несколько иному звучанию и к повышенной утомляемости. Длительное использование наушников на высокой громкости чревато частичной потерей слуха и может даже привести к глухоте (рис. 6.8).

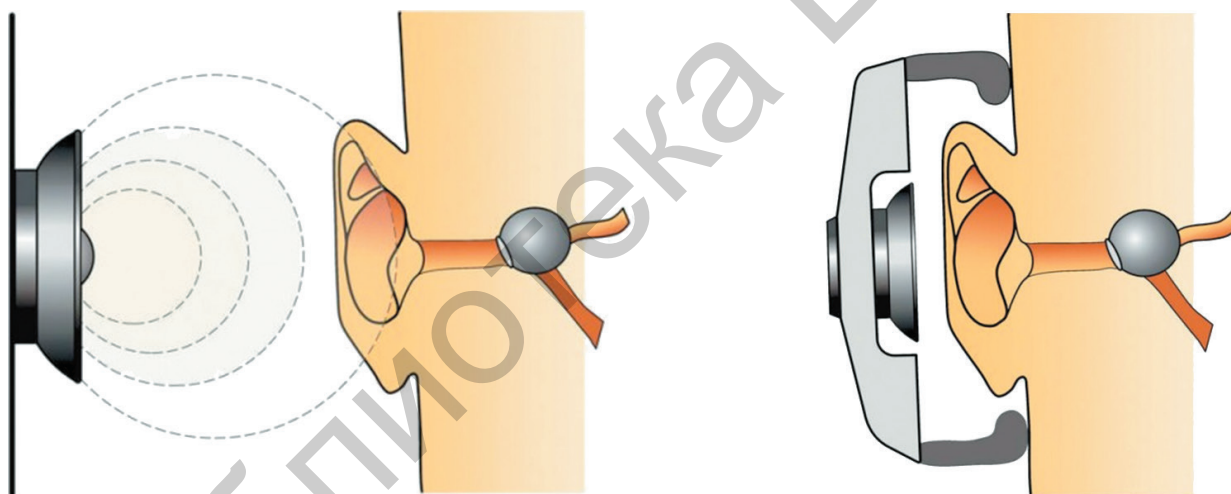


Рис. 6.8. Влияние на ухо

Также существует опасность из-за наушников пропустить важный звуковой сигнал, например, при движении по дороге, как водителями (поэтому во многих странах вводятся ограничения на использование наушников водителями автотранспорта), так и пешеходами, что может стать причиной ДТП.

Оценка качества звучания головных телефонов не совсем тривиальная задача, поскольку, воспроизводя музыку, они предлагают нам не совсем обычное акустическое окружение, для которого наши уши природой не предназначены.

Ощущение трехмерности звукового пространства появляется у нас за счет взаимодействия звуковой волны с головой, плечами и ушными раковинами. В зависимости от направления распространения звук по-разному взаимодействует с ними и изменяет свои фазовые, частотные и амплитудные характери-

стики. На основе анализа этих изменений наш мозг делает выводы о месторасположении звукового источника.

При прослушивании музыки через наушники практически все естественные механизмы человека по локализации звука в пространстве оказываются незадействованными. Наушники надеваются прямо на ушные раковины, поэтому ни голова, ни туловище человека не оказывают влияния на характеристики слышимого звука. Накладные наушники плотно прижимаются к ушной раковине, прижимая ее к голове. Это неестественно для внешнего уха и оно не может определить расположение звукового источника.

Если рассмотреть наушники-вкладыши, они работают непосредственно в слуховом канале и сложнейшая геометрия ушной раковины вообще не участвует в формировании звукового образа. Большинство стереозаписей, встречающихся в продаже, обладает характеристиками, оптимальными для прослушивания через акустические системы, а не через наушники, которые, как мы теперь видим, существенно отличаются от обычных колонок в плане характеристик звуковоспроизведения. Все эти обстоятельства приводят к тому, что звуковое поле, передаваемое головными телефонами, как бы заключается «внутри головы слушателя», а не локализуется в пространстве перед ним, как задумывал звукорежиссер.

Данное обстоятельство является одной из ключевых проблем прослушивания через наушники. Обойти его простыми методами не представляется возможным. Удачным решением является прослушивание бинауральных записей, созданных при помощи микрофонов, помещаемых внутрь слуховых каналов головы. Такие записи оптимально подходят именно для прослушивания через головные телефоны, но такие записи редки. Другая возможность заключается в применении различных методов процессорной обработки и акустических симуляторов (рис. 6.9).

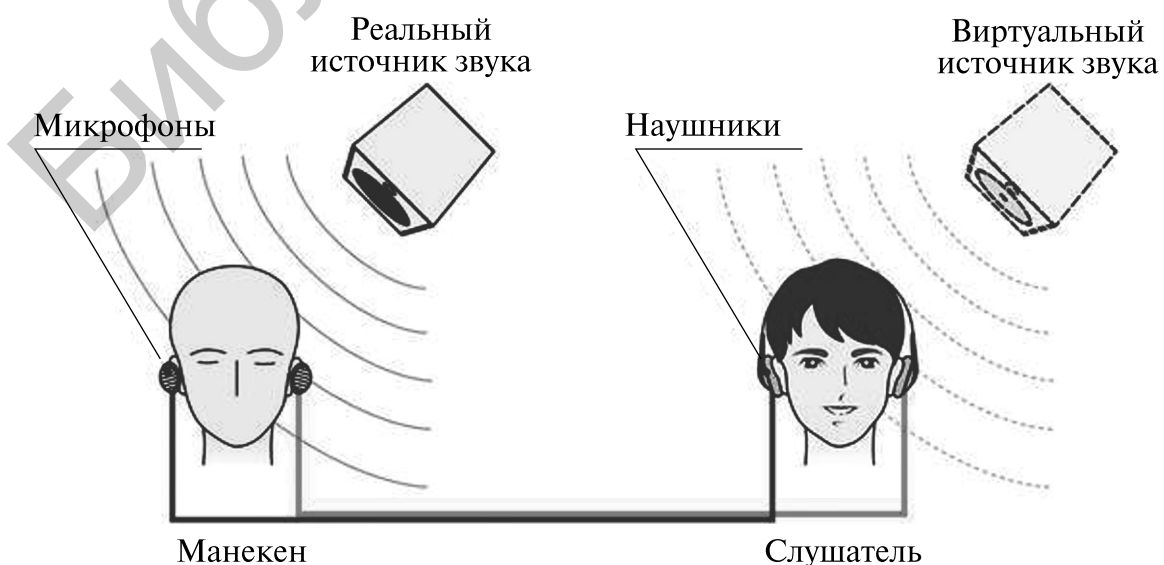


Рис. 6.9. Акустический симулятор

6.4. Устройство и принцип действия шлема VR

Шлем виртуальной реальности – устройство, позволяющее частично погрузиться в мир VR, создающее зрительный и акустический эффект присутствия в заданном управляющим компьютером пространстве. Представляет собой устройство, надеваемое на голову, снабженное видеоэкраном и стерео- или квадروفонической акустической системой (рис. 6.10).



Рис. 6.10. Шлемы виртуальной реальности

Шлем виртуальной реальности закрепляется на голове пользователя, как очки, и поддерживает стереоэффект. Такой переносной монитор предоставляет для обоих глаз различную картинку. За счет горизонтального смещения кадров формируется стереоэффект.

Kitchen Hideaway («Потайная кухня») – шлем, который предназначен для передачи мысленного приказа приготовить ту или иную пищу автоматической бытовой технике или роботам-поворам, как у себя дома, так и на некой коммунальной кухне или в заведении общепита, – в этом случае еду приготовят и доставят по указанному адресу. Процесс приготовления можно отслеживать на специальном дисплее и вносить по ходу желаемые коррективы (рис. 6.11).



Рис. 6.11. Шлем Kitchen Hideaway

В настоящее время существует широкая гамма шлемов виртуальной реальности (рис. 6.12).



Рис. 6.12. Различные шлемы виртуальной реальности



Рис. 6.13. Шлем eMagin Z800 3D Viso со встроенным трекером

Шлем создает объемное изображение, подавая две разные картинки каждому глазу. Кроме того, шлем может содержать гироскопический или инфракрасный датчик положения головы, называемый трекером. Он отслеживает положение головы, и соответственно изменяется изображение в шлеме путем преобразования движения головы в координаты (рис. 6.13).

6.5. Технологии захвата и синтеза движений и мимики

Технологии захвата движений по методу Motion Capture

Маркерная система Motion Capture – метод анимации персонажей и объектов. Дословный перевод с английского – захват движения (рис. 6.14).

Метод применяется в производстве мультфильмов, а также для создания спецэффектов в фильмах. Широко используется в игровой индустрии. Существуют два основных вида систем Motion Capture: маркерная система Motion Capture и безмаркерная технология.

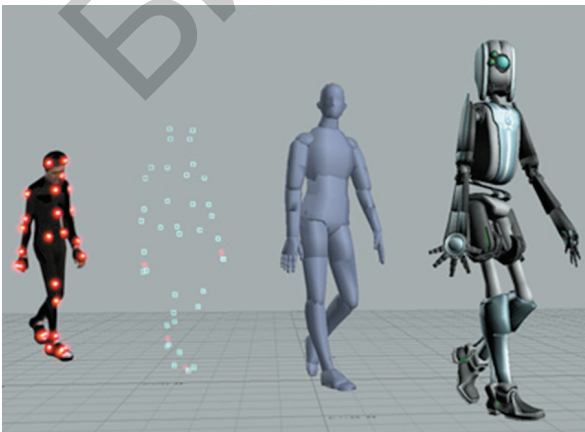


Рис. 6.14. Motion Capture

Маркерная система Motion Capture использует специальное оборудование. На человека надевается костюм с датчиками, он производит движения, требуемые по сценарию, встает в условленные позы, имитирует действия; данные с датчиков фиксируются камерами и поступают в компьютер, где сводятся в единую трехмерную модель, точно воспроизводящую движения актера, на основе которой позже (или в режиме реального времени) создается анимация персонажа.

Виды маркерного Motion Capture. На сегодняшний день существует большое количество маркерных систем захвата движений, различие между которыми заключается в принципе передачи движений:

1. Оптические пассивные системы. На костюме, входящем в комплект такой системы, прикреплены датчики-маркеры, которые названы пассивными, потому что отражают только посланный на них свет, но сами не светятся. В таких системах свет (инфракрасный) на маркеры посылается с установленных на камерах высокочастотных стробоскопов и, отразившись от маркеров, попадает обратно в объектив камеры, сообщая тем самым позицию маркера.

2. Оптические активные системы названы так потому, что вместо светоотражающих маркеров, которые крепятся к костюму актера, в них используются светодиоды с интегрированными процессорами и радиосинхронизацией. Каждому светодиоду назначается ID (идентификатор), что позволяет системе не путать маркеры друг с другом, а также узнавать их, после того как они были перекрыты и снова появились в поле зрения камер. Во всем остальном принцип работы таких систем схож с пассивными системами (рис. 6.15).

3. Магнитные системы. В данных системах маркерами являются магниты, а камерами – ресиверы, система высчитывает их позиции по искажениям магнитного потока (рис. 6.16).



Рис. 6.16. Магнитные системы



Рис. 6.15. Оптические активные системы

4. Механические системы. Непосредственно следят за сгибами суставов, для этого на актера надевается специальный механический MoCap-скелет, который повторяет следом за ним все движения. В компьютер при этом передаются данные об углах сгибов всех суставов.

5. Гироскопические/инертные системы для сбора информации о движении используют миниатюрные гироскопы и инертные сенсоры, расположенные на теле актера, так же как и маркеры или магниты в других MoCap-системах. Данные с гироскопов и сенсоров передаются в компьютер, где происходит их обработка и запись. Система определяет не только положение сенсора, но также угол его наклона.

Безмаркерный Motion Capture не требует специальных датчиков или специального костюма. Безмаркерная технология основана на технологиях компьютерного зрения и распознавания образов. Актер может сниматься в обычной одежде, что сильно ускоряет подготовку к съемкам и позволяет снимать сложные движения без риска повреждения датчиков или маркеров (рис. 6.17).



Рис. 6.17. Иллюстрация безмаркерного захвата движения

На сегодняшний день существует программное обеспечение «настольного» класса для безмаркерного захвата движений. Съемка производится с помощью обычной камеры (или веб-камеры) и персонального компьютера.

iPi Desktop Motion Capture. Команда разработчиков iPi Soft разработала систему безмаркерного MoCap, состоящую из видеокамеры и программного обеспечения, которое, используя алгоритмы обработки изображения и компьютерного зрения, считывает скелетную анимацию с записанного видео. Система представляет собой ПО, устанавливаемое на компьютер и одну или несколько веб-камер.

Разработчики используют 3-4 высокочастотные камеры. Камеры не должны двигаться. Обработка захватываемого видео требует больших процессорных мощностей. Даже на самых мощных современных компьютерах скорость обработки достигает два кадра в секунду. Система постоянно дорабатывается.

Organic Motion – система безмаркерного Motion Capture, разработанная одноименной компанией. Система Organic Motion использует порядка 15 специальных камер для захвата движения и специальный фон.

Захват ведется в реальном времени и может применяться как к заранее созданной модели, так и к 3D-модели реального актера. Модель реального актера весьма условна и как бы состоит из отдельных «пластинок». Алгоритм ее расчета заключается в том, что захватываемое видео разбивается на пиксели, и из них выделяются пересекающиеся во время движения, наиболее динамичные. Данная система является весьма дорогостоящей и требовательной к ресурсам.

Захват и синтез мимики по методу Motion Capture. Идея обособить лицевую анимацию, выделить ее в отдельное производство существует с момента появления технологии захвата движения. Для этих целей часто применяется маркерный MoCap. При обычном захвате на лицо актера приклеивают небольшое количество маркеров, которые передают лишь малую часть мимики. Чтобы получить анимацию высокого качества, меток требуется гораздо больше. Основная проблема захвата мимики – на лице нельзя разместить сотни датчиков. В лучшем случае помещается 40–50 шт. (рис. 6.18).

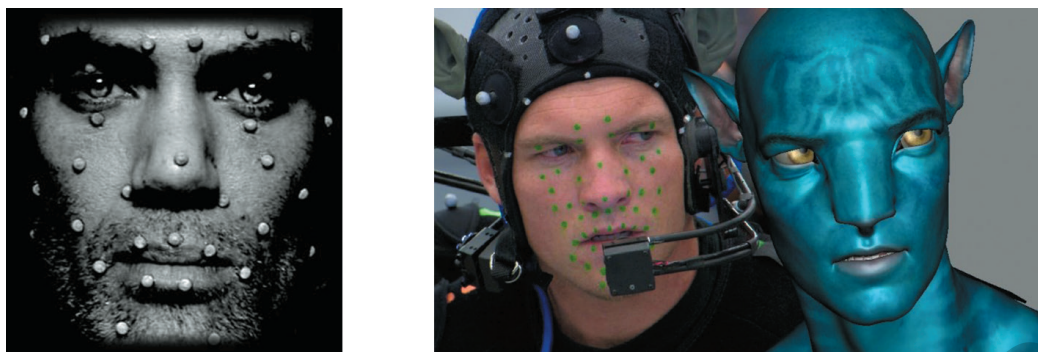


Рис. 6.18. Пример использования метода Motion Capture

Развитие технологий позволило использовать безмаркерный Motion Capture для создания мимики, максимально приближенной к реальной. Студия WETA Digital для съемок фильма «Аватар» разработала шлем с прикрепленной к нему миниатюрной камерой. Направленная на лицо актера, она в реальном времени захватывала все человеческие эмоции благодаря зеленым точкам, нанесенным на лицо. Программа обработки данных определяла, какие мускулы отвечают за мимические выражения, и рассчитывала степень их растяжения или сжатия. Затем в зависимости от того, играл актер роль человека или же Нави, ПО автоматически подгоняло движения мускулов под нестандартную анатомию коренных обитателей Пандоры и анимировало трехмерную карту лица персонажа.

Захват и синтез мимики по методу MotionScan. Эта программно-аппаратная технология предназначена для оптического сканирования лица человека и перевода отсканированных данных в цифровой формат. MotionScan позволяет с высокой достоверностью отсканировать мимику лица человека и импортировать ее в программные приложения.

Для сканирования мимики MotionScan использует 32 камеры HD-разрешения, которые снимают лицо с 32-х ракурсов. Камеры работают парами, для того чтобы захватывать актера с разных углов в комнате, наполненной интенсивным белым светом, чтобы ни одна морщинка не осталась незамеченной. Снятый материал преобразуется в единое трехмерное изображение (рис. 6.19).



Рис. 6.19. Пример использования MotionScan

Настольное ПО для трекинга мимики. Представленные выше технологии дорогостоящи и требуют больших вычислительных ресурсов. Помимо них также существует более простое и доступное ПО для трекинга мимики, требующее только наличие обычной веб-камеры.

В пример можно привести такие программные комплексы, как Eyematic FaceStation, Maskarad от Di-o-matic или 4D Facial Capture. Данные программы выступают в роли отдельных пакетов, но легко могут интегрироваться с распространенным ПО для 3D-моделирования.

Программы снимают опорные точки движущегося лица, основываясь на определенных признаках и мимической активности. Затем сетки опорных точек проецируются на готовые модели (рис. 6.20).

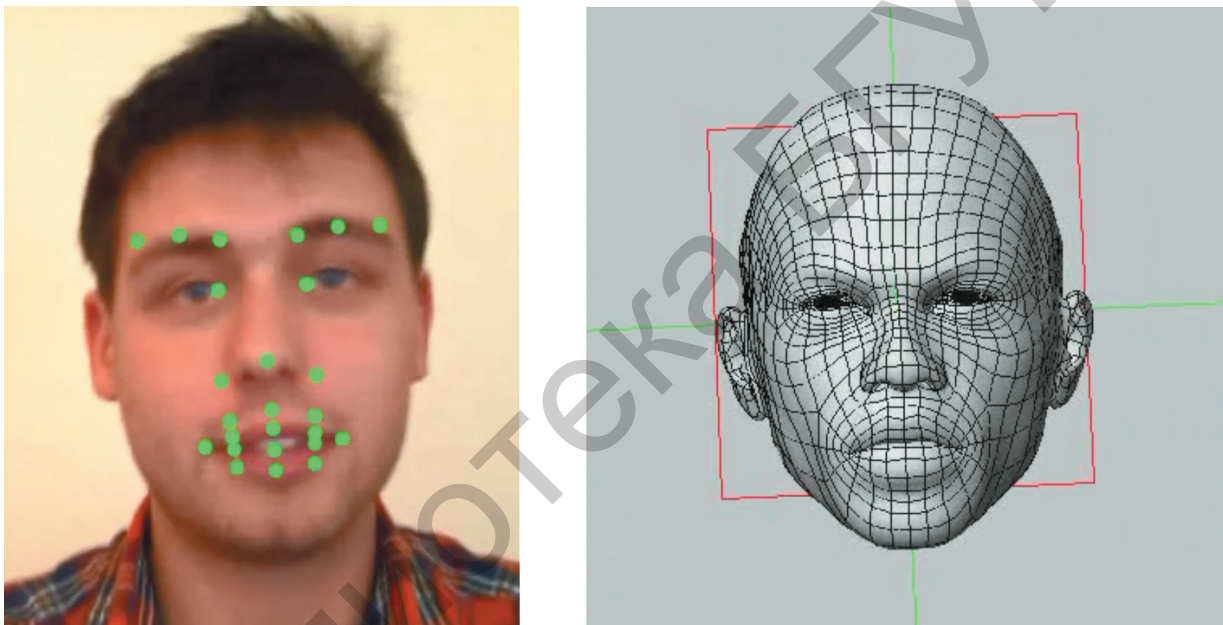


Рис. 6.20. Di-o-matic Maskarad

Моделирование мимики без участия актера. Существуют способы синтеза мимики на готовых 3D-моделях без непосредственного участия актера. Простейший способ – блендшейпы, или морфы.

Блендшейпы (англ. Blend Shapes – формы для смешивания) – это 3D-модели идентичной топологии (т. е. одинаковое количество вершин и их нумерация), но с отличающейся формой.

При создании блендшейпов моделируется голова персонажа с нейтральным выражением лица. Для анимации эмоций голова копируется столько раз, сколько нужно сделать выражений лица. На копиях простым перетаскиванием вершин моделируются нужные выражения лица – это и будут блендшейпы. Вершины, ребра и полигоны на копиях можно только перетаскивать, но их количество должно оставаться неизменным. После подготовки нужно указать 3D-редактору базовую модель и целевую модель (Target).

3D-программа создает управляющие элементы (ползунки) для каждого из блендшейпов. Перемещая, например, ползунок «Улыбка» от 0 до 100 %, вы плавно изменяете выражение лица от нейтрального до широкой улыбки.

На основании практических исследований были сделаны выводы, что блендшейпы отлично справляются с конечными позами (выражениями лица), но плохо подходят для моделирования сложных переходов от одной эмоции к другой. Применять блендшейпы можно не только для анимации лица. С их помощью можно, к примеру, анимировать распускание цветка, анимацию одежды, деформацию объекта после взрыва и другие динамические трансформации (рис. 6.21).



Рис. 6.21. Моделирование мимики без участия актера

Схожим образом работает редактор LIFESTUDIO:HEAD Editor. Он обеспечивает пользователя исходной заготовкой модели головы, которую можно корректировать с помощью системы модификаторов и ползунков, используя библиотеку отдельных частей, моделировать вручную или сгенерировать случайным образом. Также присутствуют разнообразные инструменты для текстурирования и добавления различных деталей, таких как прическа, одежда, очки и т. п.

Анимация создается посредством библиотеки эмоций и фрагментов эмоций с дополнительной возможностью ручной подстройки мышечной анимации. Редактор может интегрироваться с популярными пакетами 3D-моделирования, такими как 3Ds Max и Maya.

6.6. Системы с тактильной обратной связью

Тактильная (осязательная) обратная связь в широком смысле означает отзыв, отклик, ответную реакцию объекта на какое-либо действие или событие со стороны субъекта, которые он способен ощутить.

Системы с тактильной обратной связью наиболее часто применяются в технике и кибернетике. Наиболее распространенной является **I-Force**. Она предусматривает возможность реализации **трех различных видов тактильных воздействий**:

1. Реакцию манипулятора на игровые события, не зависящие от текущего положения органов управления манипулятора. В качестве примеров мож-

но привести отдачу при стрельбе, удары при столкновениях и наезде на различные препятствия.

2. Усилие, противодействующее перемещению органов управления манипулятора. Подобные эффекты позволяют изменять усилие, препятствующее перемещению рукоятки или руля, а также возвращать органы управления в исходное (нейтральное) положение в том случае, если пользователь их отпускает.

3. Динамически изменяющихся эффектов, которые сочетают в себе возможности двух вышеописанных видов воздействий, позволяя реализовать множество различных вариантов «поведения» органов управления манипулятора на основе заложенных производителем программ. В качестве примера подобного эффекта можно привести резкое уменьшение усилия противодействия вращению рулевого колеса при «срыве в занос» или при «выезде на лед».

Новая технология обратной связи:

- делает сенсорные дисплеи «тактильными» — Tactile Layer;
- создает рельефные узоры поверх обычных тачскринов;
- делает экранные кнопки, стрелки, полосы прокрутки и прочие формы объемными.

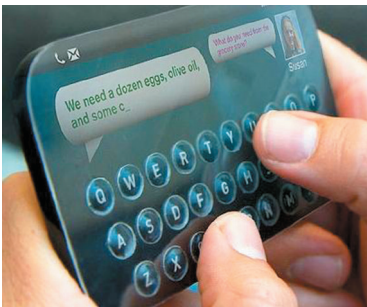


Рис. 6.22. Tactile Layer

Tactile Layer — первая в мире деформируемая тактильная поверхность, которая в реальном времени в динамике превращает плоские элементы интерфейса в рельефные (рис. 6.22).

Основу новой разработки составляет микрофлюидная технология, рельефные структуры создаются при помощи жидкостей, они перемещаются под поверхностью экрана и принимают объемные формы. В результате у пользователя создается ощущение, что он, например, печатает на простой QWERTY-клавиатуре. Когда гаджет отключается, необходимость в рельефном экране отпадает, и дисплей становится плоским.

Рельефный слой Tactile Layer интерактивен, если нажать кнопку, она «вдавится» в поверхность экрана, а потом возникнет вновь. Иными словами, при печати полностью воспроизводится ощущение работы с физической клавиатурой. Tactus Technology считает, что панели Tactile Layer окажутся полезными на всех устройствах и системах с сенсорными дисплеями, от плееров до автомобильных компьютеров.

Постоянно разрабатываются новые технологии тактильной обратной связи и у каждой компании свои методы реализации. Компания Apple предлагает оснащать гаджеты с сенсорным дисплеем многоярусной системой специальных элементов (к примеру, пьезоэлектрических) для изменения формы поверхности тачскрина. Система позволит формировать выпуклости различного размера и высоты. Благодаря этому пользователь, прикасаясь к экрану, сможет ощущать текстуру изображенных предметов и материалов, очертания виртуальных объектов и пр. (рис. 6.23).

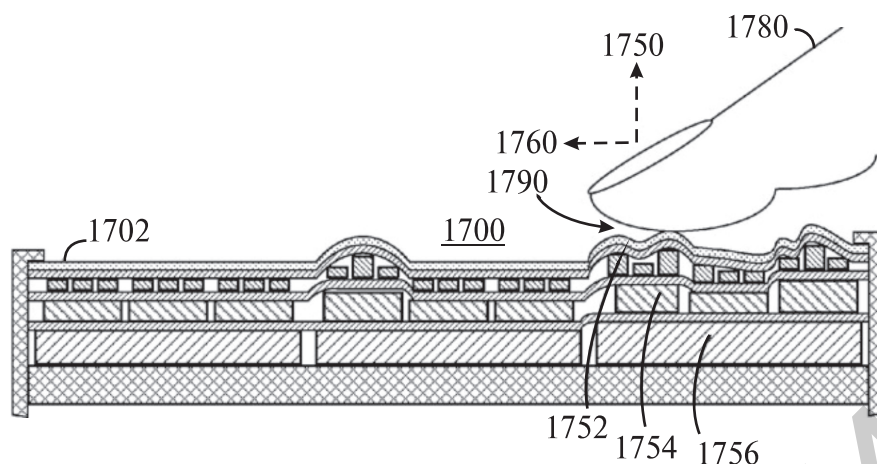


Рис. 6.23. Принцип работы тачскрина

Похожую систему разрабатывает компания Senseg. Технология, основанная на управлении характеристиками электрического поля, позволяет чувствовать неровности на изображении — выпуклости и впадины.

Мобильные устройства и GPS-навигаторы с сенсорным экраном

Использование тактильной обратной связи в автомобильном GPS-навигаторе дает возможность выполнения необходимых манипуляций на ощупь, что в меньшей степени отвлекает внимание водителя от наблюдения за дорогой.

Простейшей реализацией тактильной отдачи в телефонах является вибровызов, дополняющий либо заменяющий рингтон и присутствующий в подавляющем большинстве устройств. Источник вибровызова — электрический моторчик. Внутри телефона он крепится на несбалансированном подвесе, что позволяет обеспечивать ощутимые колебания даже через одежду.

В телефонах с сенсорным дисплеем ввод осуществляется с помощью дисплея и/или стилуса. Нажатие виртуальных кнопок сопровождается вибрацией, что значительно улучшает информативность управления.

Игровые манипуляторы. Одной из важнейших тенденций современных технологий является максимально полное погружение человека в виртуальный мир, будь то кино или компьютерные игры. И если со звуком и видео все более-менее понятно, то технологии, которые задействуют наше осязание, пока развиты не так сильно (рис. 6.24).



Рис. 6.24. Игровые манипуляторы

Обратная связь в играх — это сопротивление усилиям пользователя в соответствии с происходящими на экране событиями.

Тактильная обратная связь используется в таких устройствах, как руль, геймпад и джойстик.

Руль. Благодаря наличию технологии обратной тактильной связи Force Feedback игрок может в буквальном смысле слова ощутить все неровности дороги, сотрясение автомобиля при столкновении с препятствием, а также более реалистичное сопротивление повороту рулевого колеса, чем в случае с обычным контроллером, где оно имитируется возвратными пружинами. Естественно, манипулятор с Force Feedback значительно дороже своего «немоторизованного» собрата, поскольку реализация этой технологии серьезно усложняет конструкцию, однако результат, по мнению большинства игроков, того стоит. Технология Vibration Feedback передает вибрации в компьютерных играх вашим рукам (вибрации, подергивание и т. д.).

Эти же технологии могут использоваться в геймпадах и джойстиках.



Рис. 6.25. Жилет с тактильной обратной связью

Жилет с тактильной обратной связью для геймеров. Идея была предложена одним из студентов университета Пенсильвании — жилет, оснащенный тактильной обратной связью (рис. 6.25).

Система обратной связи реализована при помощи двух пар соленоидов, располагающихся впереди и сзади, а также вибромоторов, установленных над лопатками пользователя. Каждая неприятность, случившаяся с экранном персонажем в игре, немедленно отразится и на самом игроке, будь то выстрел, удар ножа или что-нибудь подобное. Естественно, в реальности ничего такого не случится, да и ощущения будут далеко не столь «яркими».

Подобную разработку пару лет назад представила компания TN games.

VR-перчатки. Киберперчатки — сложное и дорогое устройство. По виду они напоминают обычные перчатки. Каждая из них оснащена датчиками, регистрирующими движение пальцев и кисти в целом. В перчатках среднего класса устанавливаются от 18 до 22 датчиков (рис. 6.26).

В дорогостоящие модели кроме датчиков встраиваются средства для имитации прикосновения руки к объекту. В этом случае возникает так называемая тактильная обратная связь. Самая про-

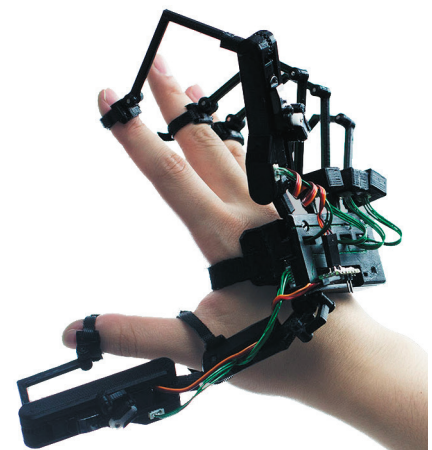


Рис. 6.26. Киберперчатки

стая реализация этой связи — небольшой динамик на ладони; рука хорошо чувствует щелчок, издаваемый динамиком в ответ на какое-либо событие. Также для имитации прикосновения используются надувные воздушные баллончики, вибросимуляторы. Делались попытки применить пьезоэлектрические кристаллы, которые при вибрации создают ощущение давления, а также сплавы с памятью формы, которые можно заставить изогнуться, пропуская через них слабый ток. Кроме этого, была попытка создать устройство, позволяющее узнавать о температуре объекта. В перчатку встраивались небольшие баллончики с воздухом, подключаемые к мини-компрессорам. Чем теплее объект, тем более теплый воздух поступает от компрессоров.

Например, система Cybergrasp компании Immersion Corporation представляет собой экзоскелет и перчатку, позволяющую получать тактильные ощущения от взаимодействия с виртуальной средой. Это довольно гибкая система — ее элементы используются и для тренировки астронавтов NASA, и для трехмерной анимации на киностудиях (рис. 6.27).



Рис. 6.27. Сложная киберперчатка

6.7. Тактильный брайлевский дисплей для слепых

Брайлевский дисплей — устройство вывода, предназначенное для отображения текстовой информации в виде шеститочечных символов азбуки Брайля. Брайлевские дисплеи делают возможным использование современных компьютеров незрячими и слабовидящими людьми (рис. 6.28).

Обычно на планке дисплея отображается 40 или 80 символов одновременно. Существуют портативные модели с меньшим числом отображаемых символов.

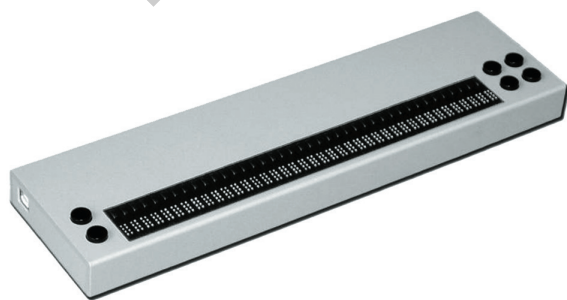


Рис. 6.28. Тактильный брайлевский дисплей для слепых

С 2000 г. разрабатывается брайлевский дисплей на новой технологии вращающегося колеса. В этой технологии брайлевские символы отображаются на вращающейся поверхности, что позволяет читать текст с заданной скоростью, не двигая палец по буквам. Предполагается, что дисплеи на такой технологии будут дешевле традиционных.

Альтернативой брайлевского дисплея являются более доступные программы чтения экрана на основе синтезатора речи. Однако только брайлевский дисплей обеспечивает удобную работу с текстом, в том числе редактирование.

Глава 7

СКАНИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН И ПРЕДМЕТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

7.1. Сканирование метрических данных материальных объектов и их цвета

Трехмерное сканирование — это процесс перевода физической формы реального объекта в цифровую форму, т. е. получение 3D-компьютерной модели объекта.

Чтобы сканер «привязался» к сканируемому объекту, на последний перед сканированием наклеиваются специальные индексные метки-привязки. Совокупность этих меток формирует уникальную, связанную с объектом систему координат, в которой строится поверхность. Далее с помощью данной системы координат можно восстановить реальные размеры сканированного объекта (рис. 7.1).

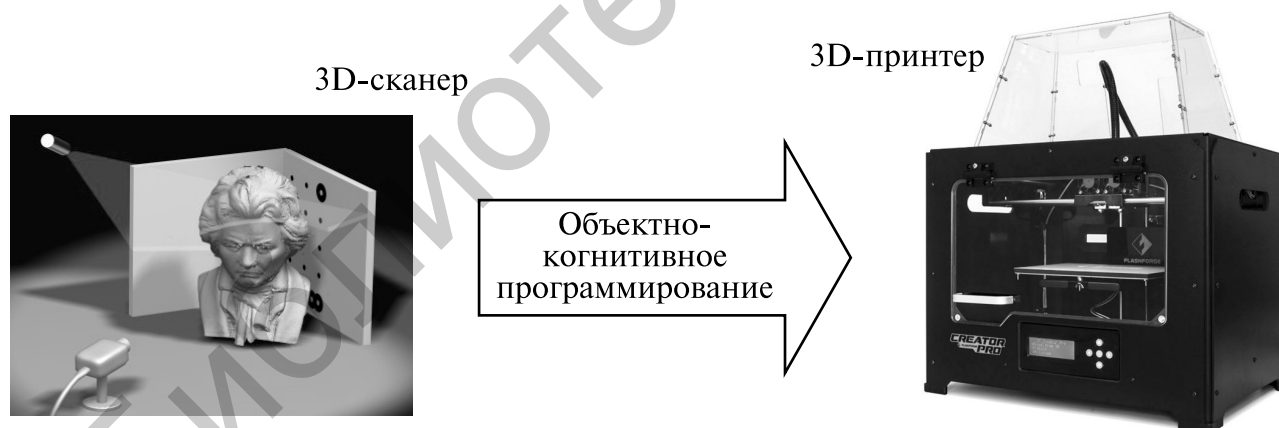


Рис. 7.1. Структурные составляющие цифровой технологии объемного когнитивного программирования сложных пространственных форм

Фактор доступности объекта для его сканирования. Объект может быть в разной степени удаленным и доступным для входных датчиков или сенсорных рецепторов сканирующей его форму системы. Поэтому у нее могут быть разные алгоритмы и точность сканирования информации об объекте.

Различают два уровня доступности объекта:

- **первый** уровень 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. Заметим, что в случае первого уровня доступности сканер сканирует лишь форму и цвет, т. е. внешний вид объекта;

- **второй** уровень доступности объекта для сканера представляет собой следующий случай: техническое устройство датчиками и механическими щупами может дотрагиваться до объекта с целью его изучения. Тактильное прикосновение может переходить в силовое воздействие на объект или на его кинематическую часть.

Этапы создания 3D-модели:

1. Установка аппаратуры на территории объекта или в непосредственной близости от него.

2. Сканирование объекта.

3. Обработка полученной по результатам сканирования информации (трехмерное облако точек объекта). Файл с данными обрабатывается с помощью специального программного обеспечения.

4. Интеграция полученных данных (облако точек, состоящее в зависимости от проекта из миллиардов точек) с помощью интерфейсов, специально разработанных для конкретного сканера, в наиболее удобные для проектирования программы и программные инструменты с целью создания плоских чертежей или объемных моделей объектов (рис. 7.2).

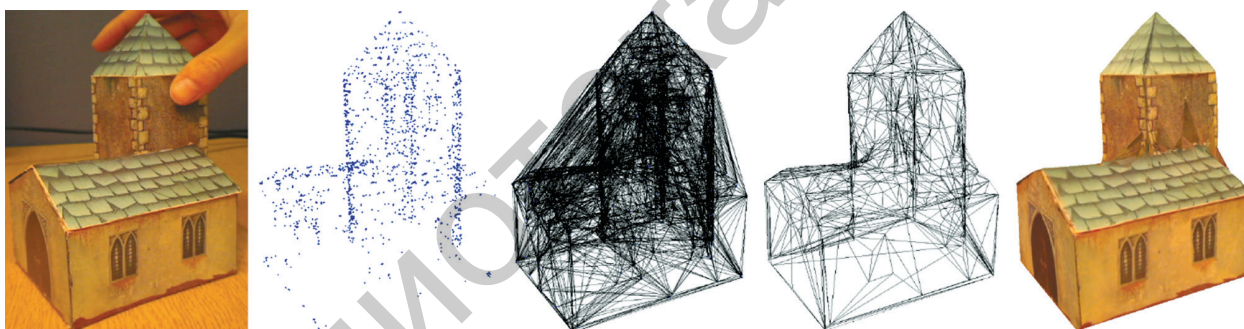


Рис. 7.2. Этапы создания 3D-модели

Существует три метода сканирования 3D-сцен и метод сканирования по заводским чертежам:

1. **Лазерное 3D-сканирование** основано на проецировании лазерного луча на предмет 3D-сканирования. Все искажения воспринимаются измерительной камерой, которая отслеживает положение лазера в пространстве. Данные передаются в компьютер, где они «вычерчиваются» лазером.

Преимущества: возможность 3D-сканирования вне помещений, при разной степени освещенности, используется бесконтактная технология.

2. **3D-сканирование с применением фотограмметрического типа объемного сканирования**, т. е. используется фотографирование необходимого для сканирования объекта с разных точек. После фотографирования на основе полученных кадров создается 3D-модель.

Преимущества: применяется бесконтактная технология, низкие затраты на аппаратную часть.

3. При 3D-сканировании на основе структурированного белого света происходит проецирование линий на объект, образующих своеобразный узор. Каждое изменение которого фиксируется приемной камерой.

Преимущества: большая скорость 3D-сканирования, высокая точность и великолепная детализовка, сканирование за один проход.

7.2. Классификация и технологии 3D-сканеров лазерного принципа

На протяжении последних 50-ти лет наблюдается технологическое переоснащение. Развитие цифровых технологий привело к возможности сканирования объемных трехмерных объектов, компьютерного 3D-моделирования, которое опирается на психофизиологические творческие свойства разума (фантазмы) при воспроизводстве твердотельных пространственных объектов.

Скульптуры, конструкторские детали, предметы выращиваются, собираются в единое целое, в отличие от традиционной технологии «отсечения лишнего».

Когнитивное программирование опирается на развитый интерфейс цифровых технологий, перенося неформализуемый творческий процесс в цифровую форму протоколов и форматов.

Сканеры лазерного принципа. Трехмерный лазерный сканер – это особое изобретение нового поколения, позволяющее получить 3D-модель любого предмета на основе данных, полученных после анализа данного объекта.

В основу работы 3D-сканеров положен метод оптической триангуляции. Излучение полупроводникового лазера, формируемого цилиндрической линзой в виде линии, проецируется на объект. Рассеянное объектом излучение собирается объективом.

Элемент конструкции лазерный дальномер проецирует лазерный луч на сканируемый объект. При этом специальная оптическая камера отслеживает положение лазерного луча и отображает абсолютно все искажения формы объекта.

После процесса 3D-сканирования все необходимые данные о строении и форме изучаемого объекта поступают в компьютер, где уже происходит анализ полученных данных и построение точной компьютерной модели объекта (рис. 7.3).

Трехмерные сканеры бывают контактные и неконтактные.

Контактный метод сканирования. 3D-сканер, находясь в непосредственном контакте с исследуемым объектом, обводит его специальным высокочувствительным щупом, передавая трехмерные координаты на компьютер (рис. 7.4).

Неконтактный метод сканирования. Здесь 3D-сканеры делятся на две категории: пассивные и активные.



Рис. 7.3. Процесс получения 3D-модели объекта



Рис. 7.4. Примеры контактного сканирования

Активные 3D-сканеры излучают на предмет направленные волны (чаще свет, луч лазера) и обнаруживают отражение для анализа. Эти типы используемого излучения включают свет, ультразвук или рентгеновские лучи.

Пассивные вместо этого полагаются на обнаружение отраженного окружающего излучения и не излучают ничего на предмет. Такое 3D-сканирование обнаруживает видимый свет — легкодоступное окружающее излучение.

Полученные 3D-модели обрабатываются средствами САПР и применяются для разработки технологии изготовления (САМ) и инженерных расчетов (САЕ) (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Примеры бесконтактного сканирования

Технология белого структурированного света. Сканирование на основе структурированного белого света заключается в проецировании на объект линий, образующих уникальный узор, каждое изменение которого сканируется приемной камерой (рис. 7.6).

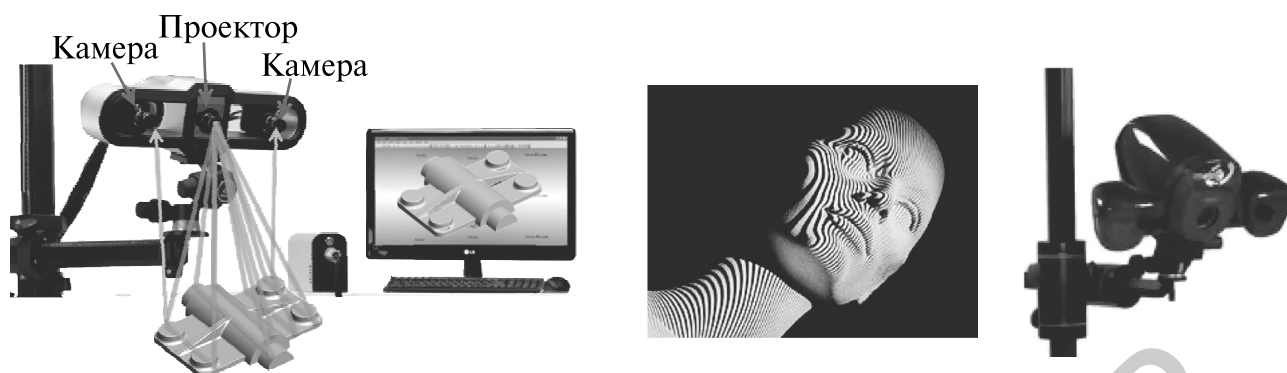


Рис. 7.6. Технология белого структурированного света

Принцип работы трехмерного лазерного сканера основан на выявлении достаточного количества точек – трехмерных координат по осям X, Y, и Z. Измерение размеров и особенностей геометрии объекта совершается с помощью дальномера. Дальномер совершает до нескольких сотен измерений в секунду, запоминая и отправляя данные по каждому измерению. Луч лазера отклоняется по вертикали при помощи шагового электромотора с зеркалом, по горизонтали же отклонение происходит при вращении самого сканера. Таким образом, становится возможным получение трехмерных координат каждой точки.

Полученные в процессе сканирования координаты точек образуют так называемые группы – «облака точек». В некоторые 3D-лазерные сканеры встроена цифровая фотокамера, позволяющая сделать панорамные снимки окружения предмета, причем при сканировании отображаться будут только нужные фрагменты и детали.

Технология лазерного сканирования. Сканер измеряет расстояние до объекта и два угла, по которым вычисляются координаты. Пучок лазера исходит из излучателя, расположенного в измерительной головке сканера, отражается от поверхности объекта и возвращается в приемник (также расположенный в измерительной головке). Пользователь задает шаг сканирования, и вращающаяся призма распределяет лазерный пучок по вертикали, а сервопривод, поворачивая блок измерительной головки, обеспечивает распределение пучка по горизонтали с этим шагом. Данные измерений автоматически записываются на внешний или внутренний носитель памяти.

После того как произведены измерения, начинается процесс обработки. Изначально измерения представляют собой «облако» точек, которые необходимо представить в виде чертежей, схем в CAD-формате. Весь процесс обработки состоит из нескольких основных этапов:

1. **«Сшивка» сканов.** Самым распространенным методом «сшивки» является метод совмещения сканов по опорным точкам, которые отображаются на смежных сканах.

2. **Трансформация координат.** Для связи координат объекта, полученных из разных сканов, необходимо выбрать единую систему координат, опреде-

лить в ней центр сканирования для каждого случая и трансформировать все полученные координаты в единую систему.

3. Создание поверхностей. На данном этапе необходимо представить «облака» точек математически описываемыми поверхностями.

Лазерные сканеры служат для измерения удаленности до твердой поверхности предмета. Источник лазерного излучения направляет луч на точку поверхности, луч отражается и меняет свои физические параметры, возвращается в приемник. Таким образом, отраженный лазерный луч искажением своих физических параметров кодирует удаленность до предмета (рис. 7.7–7.9).



Рис. 7.7. Лазерные сканеры



Рис. 7.8. Сканеры на базе двух цифровых камер и проецирующего устройства МРТ

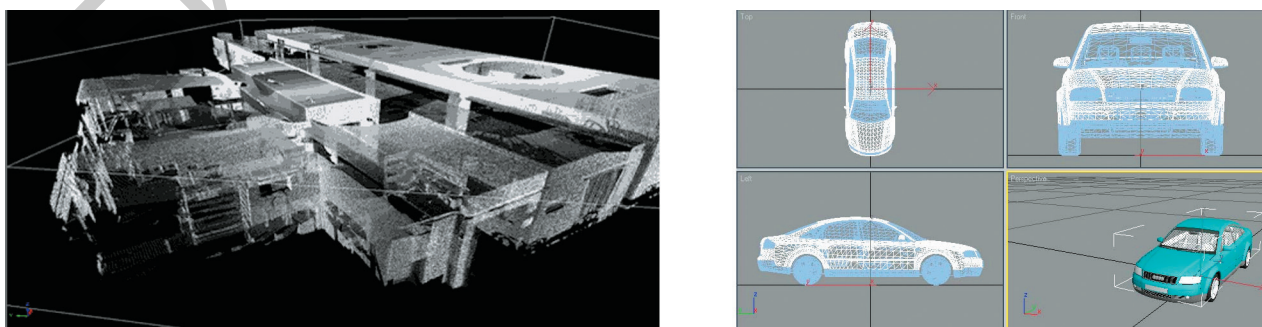


Рис. 7.9. 3D-модели, созданные по результатам лазерного сканирования

Достоинство — точность, луч можно направлять.

Недостаток — луч не отражается от воды и вязкой поверхности.

7.3. Методы и технологии сканирования трехмерных биологических объектов

Сканирование наружной поверхности тела человека. Врачи для оценки состояния здоровья и назначения лечения традиционно измеряли размеры и формы тела пациента вручную. Потом для получения трехмерных изображений внутренних образцов тела пациента стали использовать сканеры компьютерной томографии.

Сегодня 3D-сканеры поверхности тела обеспечивают новую возможность точного измерения размера и формы, а также площади поверхности кожи. Бесконтактная природа и простота использования делают 3D-сканеры привлекательными для применения в разных клинических приложениях.

Ультразвуковое сканирование трехмерных биологических объектов, внутренних органов человека. Ультразвуковое исследование (УЗИ) – неинвазивное исследование организма человека или животного с помощью ультразвуковых волн (рис. 7.10).

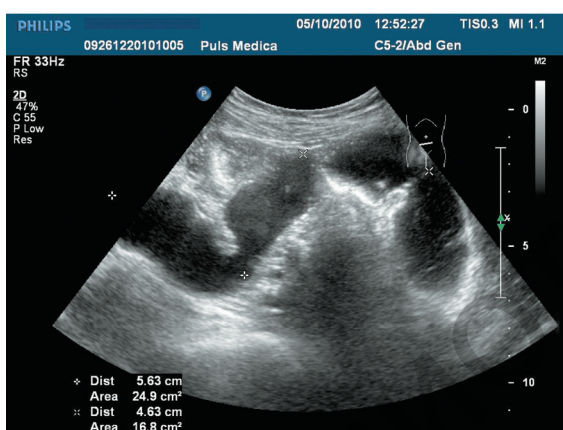


Рис. 7.10. Ультразвуковое исследование (УЗИ)

Органы и ткани имеют различную проницаемость для ультразвуковых волн, от одних структур волна отражается, другими поглощается, через третьи – проходит практически свободно. Этот принцип эхолокации и был положен в основу УЗИ-сканеров – отраженные от неоднородных по проницаемости структур ультразвуковые волны улавливаются датчиком аппарата и после компьютерной обработки преобразуются на экране монитора в светящиеся точки, из которых и формируется изображение в виде среза тканей.

Принцип работы приборов с использованием УЗИ

Отраженные эхосигналы поступают в усилитель и специальные системы реконструкции, после чего появляются на экране телевизионного монитора в виде изображения срезов тела, имеющих различные оттенки черно-белого цвета.

Оптимальным является наличие не менее 64 градиентов цвета черно-белой шкалы.

При позитивной регистрации максимальная интенсивность эхосигналов проявляется на экране белым цветом (эхопозитивные участки), а минимальная – черным (эхонегативные участки). При негативной регистрации наблюдается обратное положение. Выбор позитивной или негативной регистрации не имеет значения. Изображение, получаемое при исследовании, может быть разным в зависимости от режимов работы сканера (рис. 7.11).

*а**б**в*

Рис. 7.11. Установка медицинской эхографии Toshiba SSA-270A (а), современный аппарат УЗИ (б), портативный аппарат УЗИ (в)

Опасность и побочные эффекты

Некоторые исследования показали, что на клеточном уровне происходят микроскопические изменения.

Опыты, проведенные на животных, доказывают: облучение ультразвуком приводит к задержке роста зародыша и уменьшению воспроизводства.

Исследования, проведенные в лаборатории волновой генетики П. П. Гаряевым, продемонстрировали, что ультразвук воздействует на геном и способен привести к мутациям.

Молекулы ДНК и другие белковые молекулы излучают волны, которые можно сравнить с гармоничным аккордом, консонансом. После облучения ультразвуком стройное излучение ДНК разрушается и гармония превращается в дисгармонию.

Кроме исследований, показывающих небезопасность УЗИ, есть и опыты, которые этого не доказали.

Ультразвук обладает лечебными действиями: противовоспалительным, рассасывающим, анальгезирующим, спазмолитическим, усилением проницаемости кожи.

Ядерно-магнитное томографическое сканирование трехмерных биологических объектов. Наряду с названием магнитно-резонансное исследование (МРИ)

существует термин ЯМР-томография, или ядерно-магнитная томография, который был заменен на термин «МРТ» в 1986 г. в связи с развитием у людей после Чернобыльской аварии радиофобии (рис. 7.12).



Рис. 7.12. Магнитно-резонансное исследование

В новом термине исчезло упоминание на «ядерность» происхождения метода, что и позволило ему спокойно войти в повседневную медицинскую практику, однако иногда применяется и первоначальное название метода.

Магнитно-резонансная томография (МРТ, MRT, MRI) – томографический метод исследования внутренних органов и тканей с использованием физического явления ядерного магнитного резонанса. Метод основан на измерении электромагнитного отклика ядер атомов водорода на возбуждение их определенной комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряженности (рис. 7.13).

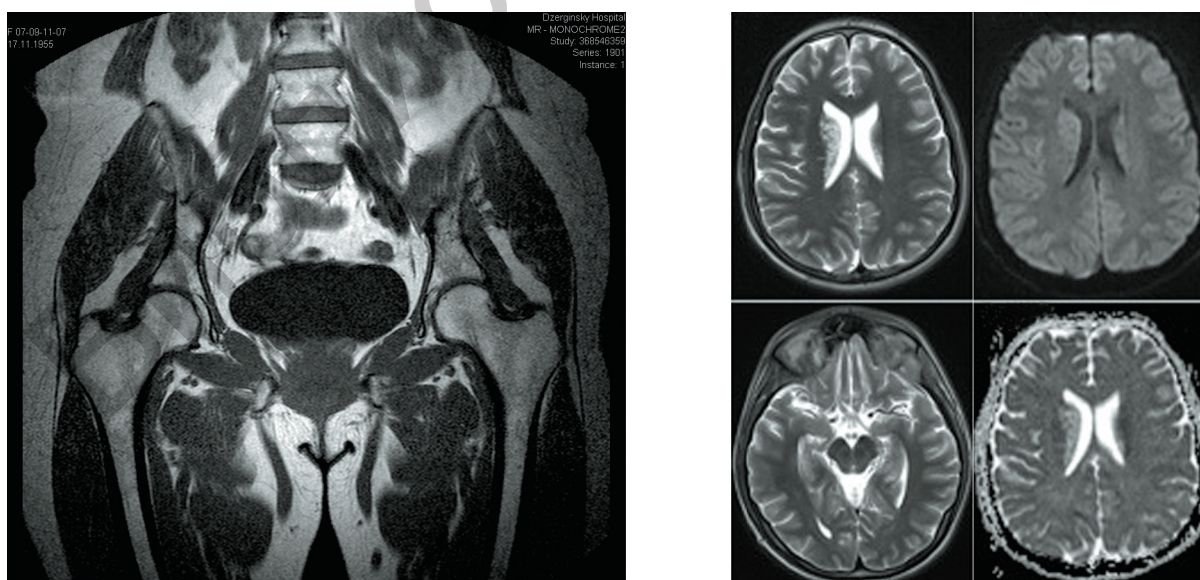


Рис. 7.13. МРТ-изображения

Если поместить протон во внешнее магнитное поле, то его магнитный момент будет либо сонаправлен, либо противоположно направлен магнитному моменту поля, и во втором случае его энергия будет выше.

При воздействии на исследуемую область электромагнитным излучением определенной частоты часть протонов поменяют свой магнитный момент на противоположный, а потом вернутся в исходное положение.

При этом системой сбора данных томографа регистрируется выделение энергии во время «расслабления», или релаксации предварительно возбужденных протонов.

Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) изучает организм человека на основе насыщенности тканей организма водородом и особенностей их магнитных свойств, связанных с нахождением в окружении разных атомов и молекул (рис. 7.14).



Рис. 7.14. ЯМР

Для определения расположения сигнала в пространстве, помимо постоянного магнита в МР-томографе, которым может быть постоянный либо электромагнит, используются градиентные катушки, добавляющие к общему однородному магнитному полю градиентное магнитное возмущение. Это обеспечивает локализацию сигнала ЯМР и точное соотношение исследуемой области и полученных данных.

Действие градиента, обеспечивающего выбор среза, обеспечивает селективное возбуждение протонов именно в нужной области. Мощность и скорость действия градиентных усилителей относится к одним из важных показателей магнитно-резонансного томографа. От них во многом зависит быстроедействие, разрешающая способность и соотношение сигнал/шум.

Преимущество ядерно-магнитной томографии состоит в том, что МРТ лучше визуализирует некоторые структуры головного и спинного мозга, а также другие нервные структуры.

Используя этот метод, можно проводить диагностику и исследование следующих проблем:

- повреждения;
- опухолевые образования;
- заболевания нервной системы;
- воспалительные процессы;
- поражения лимфатических узлов и др.

Виртуальная эндоскопия

Метод позволяет выполнить трехмерное моделирование структур, визуализированных посредством МРТ.

Данный метод является информативным при невозможности провести эндоскопическое исследование, например, при тяжелой патологии сердечно-сосудистой и дыхательной систем (рис. 7.15).

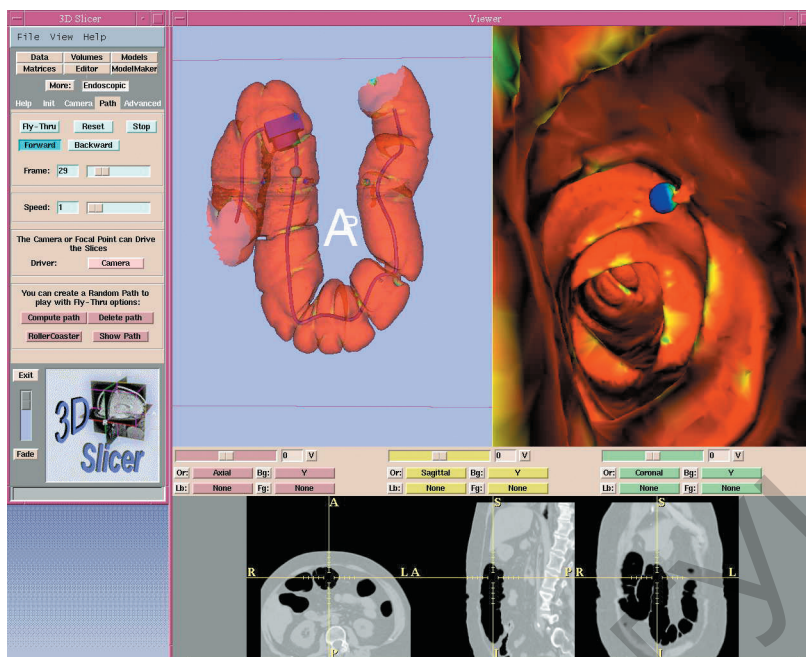


Рис. 7.15. Навигация виртуальной камеры через 3D-реконструкции анатомии пациента

Сканирование внутренних сред в медицине (кишечника, желудка, артерии, вены, прямой кишки) делается с помощью оптических зондов. Устройство для оптической когерентной томографии – оптоволоконное сканирующее устройство – используется для диагностики поверхностей полостей и внутренних органов человека, а также для технической диагностики труднодоступных полостей объектов техники (рис. 7.16).



Рис. 7.16. Использование оптических зондов

Строение оптического зонда. Зонды содержат пучок из нескольких плотно упакованных оптических волокон одинакового диаметра (осветительные волокна вокруг одного считывающего), заключенных в трубку. Диаметры волокон порядка 200, 400 и 600 мкм (рис. 7.17).



Рис. 7.17. Примеры оптических зондов

Оптические зонды предназначены для измерения следующих параметров:

- оптическая плотность;
- коэффициент пропускания сред зеркального или диффузного отражения от поверхностей;
- флуоресценция твердых поверхностей;
- флуоресценция и обратное рассеяние в растворах и порошках.

7.4. Классификация и технологии 3D-принтеров

3D-принтер – устройство, использующее метод создания физического объекта на основе виртуальной 3D-модели.

3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твердого объекта (рис. 7.18).

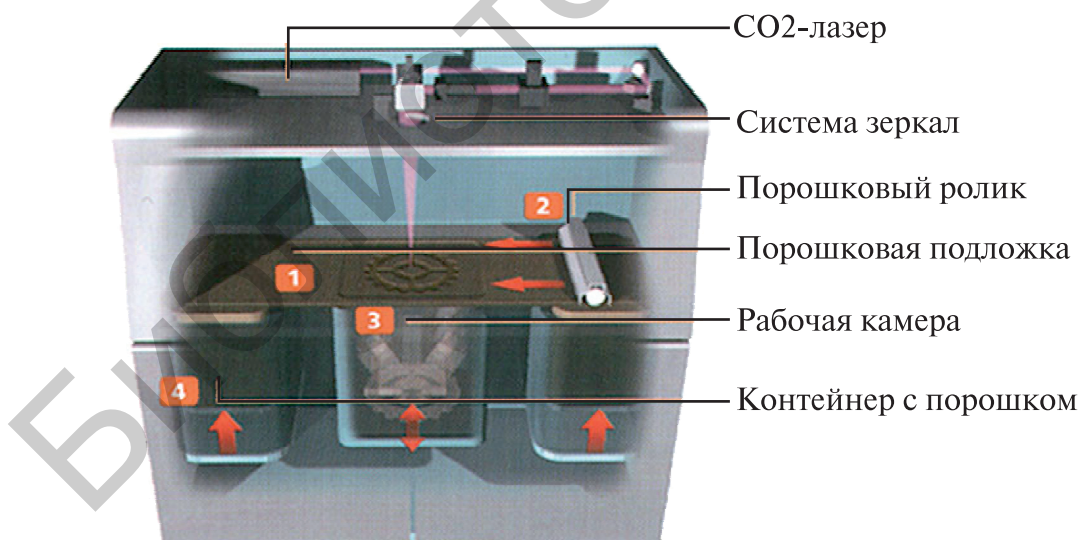


Рис. 7.18. Принципиальная схема лазерного 3D-принтера

Для функционирования принтеров, печатающих объемные предметы, применяются две принципиально различные технологии – лазерная и струйная.

Лазерная технология может быть представлена следующими разновидностями:

1. **Лазерная печать.** Самая первая технология – лазерная, включающая в себя стереолитографию. Принцип стереолитографии основывается на фо-

тополимере, который находится в водянистом состоянии. Ультрафиолетовый лазер постепенно, пиксель за пикселем, засвечивает жидкий фотополимер, либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, меняющийся с новым слоем. При этом он затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик (рис. 7.19).

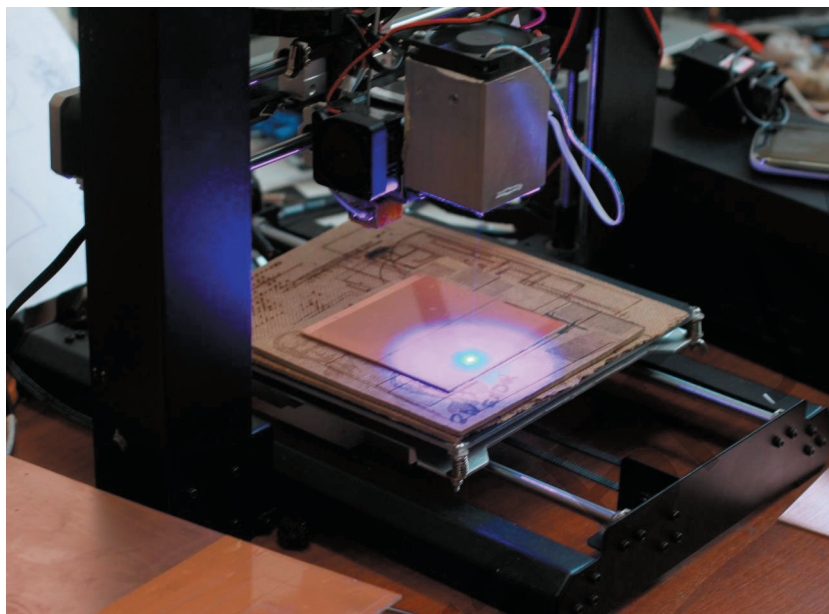


Рис. 7.19. Лазерный 3D-принтер

2. Лазерное спекание. Это наиболее быстрая и доступная методика, где в роли заготовочного материала выступает порошок из легкоплавкого пластика, поступающий из специальной струйной головки. В качестве порошка используется обычный гипс или крахмал. Лазер вырезает сечение будущей детали на порошке, который разогревается до температуры плавления и потом спекается. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя связующие вещества различных цветов. Далее процедура повторяется – насыпается последующий слой порошка и лазер вновь выжигает очередной слой. После этого лишний порошок стряхивается с готовой детали.

3. Ламинирование. В принтер по очереди заряжаются тонкие листы рабочего материала, из которого затем лазером вырезаются слои будущей модели. После резки слои склеиваются друг с другом. В качестве материала первоначально использовалась специальная бумага со слоем клеящего вещества.

4. Застывание материала при охлаждении. Раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика (в качестве материала может использоваться практически любой промышленный термопластик). Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта (печать здесь тоже ведется по слоям).

5. Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы. Струйная головка используется для печати фотополимерным пластиком. Модель, как обычно, печатается слой за слоем, причем разрешение

в слое составляет 600×300 dpi, а толщина слоя может быть доведена всего до 16 мк. Каждый отпечатанный слой полимеризуется в твердый пластик под действием ультрафиолетовой лампы.

В свою очередь струйная технология (рис. 7.20–7.21) подразделяется на следующие разновидности:

1. **Застывание материала при охлаждении** – раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта.

2. **Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы** – способ похож на предыдущий, но пластик твердеет под действием ультрафиолета.

3. **Склеивание или спекание порошкообразного материала** – то же самое, что и лазерное спекание, только порошок склеивается клеящим веществом, поступающим из специальной струйной головки. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя связующие вещества различных цветов.

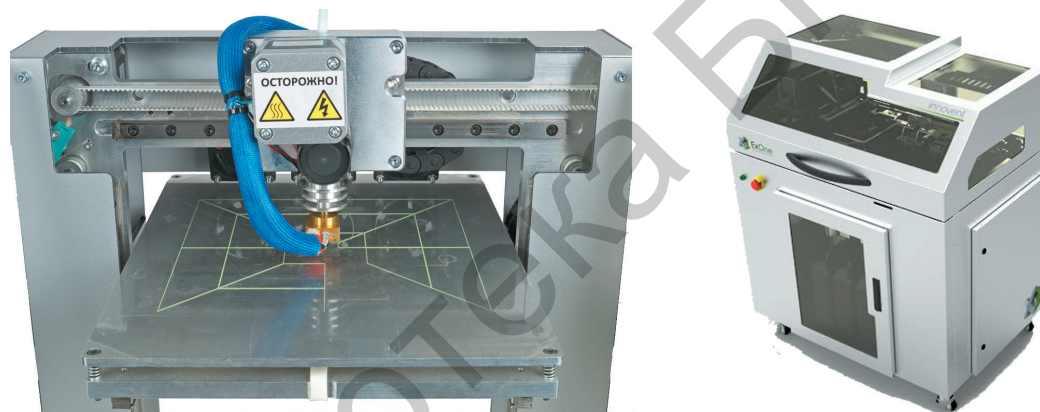


Рис. 7.20. Струйный 3D-принтер

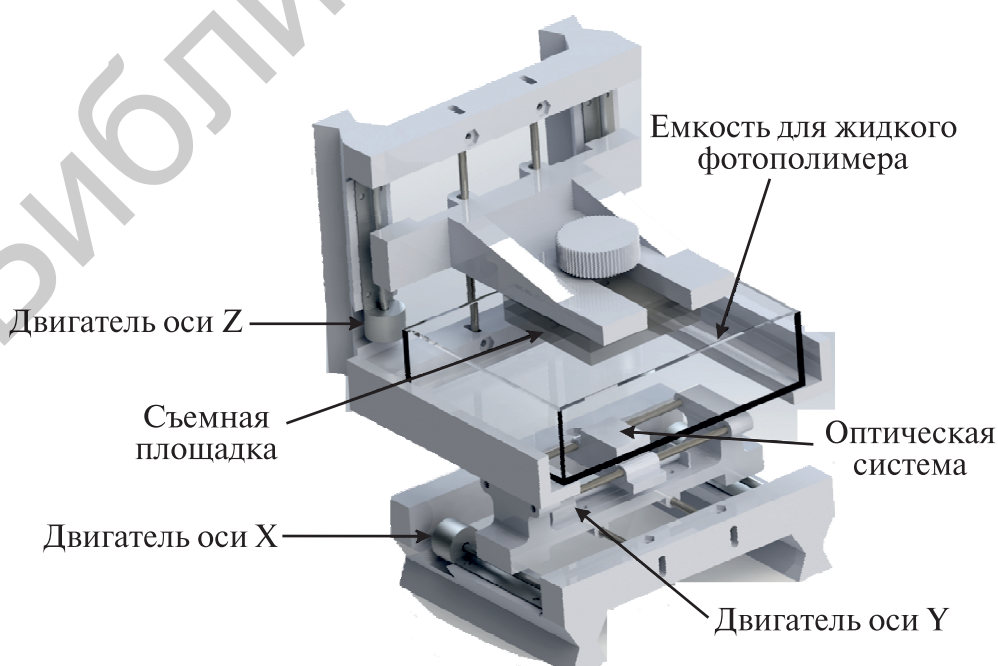


Рис. 7.21. Принципиальная схема струйного 3D-принтера

Глава 8

ТРЕКЕРЫ В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКОВ ДЛЯ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ

8.1. Трекеры как технологии виртуальной реальности

Точка взора – местоположение в или вокруг киберпространства, представляющее текущую позицию, позицию наблюдателя.

Трекер – одна из технологий виртуальной реальности, лежащая в основе взаимодействия человека с виртуальным миром, предназначена для определения позиции и ориентации реального объекта (например, руки, головы или специального устройства в виртуальной среде с помощью нескольких степеней свободы.

Как правило, трех координат его расположения (X, Y, Z) и трех углов, задающих его ориентацию в пространстве

Трекер TrackIR – первая из систем отслеживания движений головы, вышедших на массовый рынок (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Трекер TrackIR

TrackIR – устройство ввода, разработанное компанией NaturalPoint, которое обеспечивает псевдовиртуальную реальность на персональном компьютере. Оно может следить за движениями головы пользователя по координатам X, Y и Z . Полученные данные используются в программах (играх) для преобразования реальных поворотов головы в виртуальные (рис. 8.2).

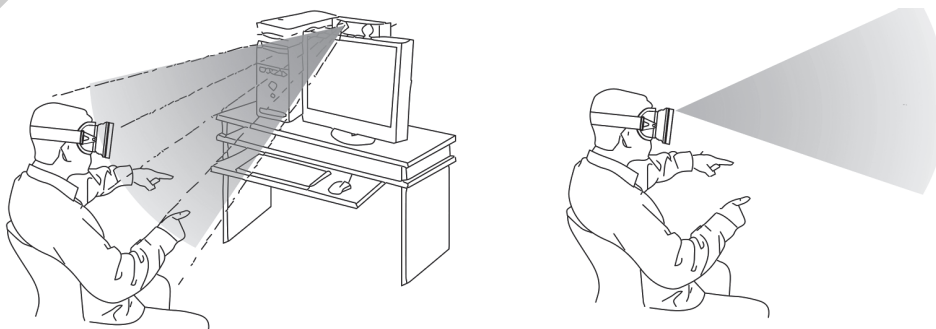


Рис. 8.2. Направления действия устройств для преобразования реальных поворотов головы в виртуальные

Например, в авиасимуляторе игрок может осматривать кабину пилота. Чувствительность трекера настраивается, чтобы предотвратить такие повороты, когда пользователь не может нормально смотреть на экран.

Принцип действия можно представить в двух вариантах:

1) **камера + отражатели**. Действие в чем-то напоминает принцип действия радара. В камере встроены диоды-излучатели, которые излучают свет в ИК диапазоне, а встроенный в камеру приемник принимает отражающийся свет с отражателей (TrackClip или Vector Pro Expansion);

2) **камера + излучатели**. Действие этого варианта проще – камера принимает сигнал с излучателей, которые вмонтированы в клипсу (TrackClip Pro).

8.2. Электромагнитные, оптические, ультразвуковые и инерционные системы трекинга. Айтрекинг

Система трекинга виртуальной реальности (VR) представляет собой некую копию систем позиционирования и ориентации, существующих в природе. «Естественные» системы трекинга человека – это органы его чувств.

Ни одна система не может считаться полноценной системой VR, если она не будет знать позицию и ориентацию пользователя и его действия в каждый момент времени. Трекинг организует передачу этой информации в «головной мозг» системы.

Для реализации трекинга применяются электромагнитные, ультразвуковые, инерционные и оптические системы.

В основу **электромагнитного метода** положен принцип изменения напряженности электромагнитного поля при изменении расстояния между излучателем и приемником. Излучатель крепится на глазном яблоке (с помощью центральной присоски, контактной линзы или кольца), создавая переменное электромагнитное поле у приемных катушек, установленных неподвижно относительно головы. Сигнал, вызываемый перемещением излучателя, усиливается и передается на регистрирующее устройство (осциллограф, координатный самописец, регистратор данных и др.). Таким образом, любой поворот глаз преобразуется в эквивалентное напряжение в приемных катушках, становясь доступным для тонкого измерения, магнитной фиксации и преобразований.

Возможен и обратный вариант: приемная катушка индуктивности крепится к глазу, а горизонтальные и вертикальные пары излучающих катушек создают вокруг глазного яблока переменное магнитное поле. Ось приемной катушки совпадает со зрительной осью глаза, а магнитное поле ее ориентировано так, чтобы в «позиции покоя» электродвижущая сила (ЭДС), наводимая от излучающих катушек, равнялась нулю. При изменении направления взора в приемной катушке наводится ЭДС, величина и фаза которой связана с углом поворота глаз.

Достоинствами этого метода, безусловно, являются сравнительно простая калибровка, проводимая лишь в начале эксперимента, возможность электромагнитной записи полезного сигнала на ленту магнитофона и его последующего воспроизведения на пониженных скоростях, что создает условия для более детального и глубокого анализа быстротекущих окуломоторных процессов, а также возможность быстрого переключения с одного масштаба регистрации к другому при независимой записи движений правого и левого глаза в отдельности.

В естественных условиях с каждым поворотом глаз происходит соответствующее перемещение наблюдаемого образа. Наблюдатели способны решать довольно широкий круг зрительных задач (рассматривание изображения, опознание, поиск, пересчет элементов и др.), хотя движения глаз значительно отличаются от нормальных (за счет преобладания ускоренного дрейфа глаз).

Однако можно отметить и некоторые несовершенства данного метода. Например, необходимо использовать присоски и жестко фиксировать голову испытуемого. Глаукома является недопустимым препятствием для участия в экспериментах пожилых людей.

Принцип работы систем **оптического трекинга** основан на отслеживании специальных оптических маркеров, которыми оснащено устройство взаимодействия с ВР (рис. 8.3). Система трекинга передает сигнал в компьютер, где информация обрабатывается. После этого система дает реакцию на изменение позиции и ориентации интерактивного устройства, видоизменяя ВР согласно прописанному сценарию взаимодействия.

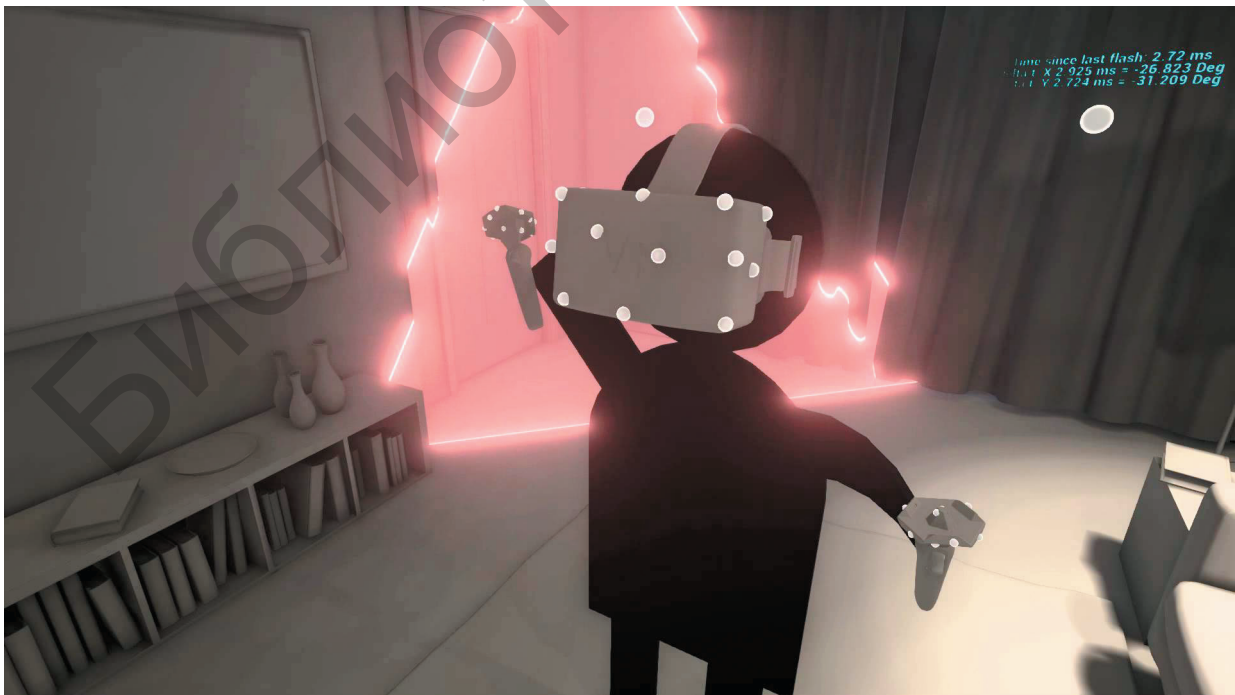


Рис. 8.3. Принцип работы оптического трекинга

Для систем оптического трекинга, как правило, используются специальные модули регистрации оптического сигнала, иначе датчики или камеры.

Устройства для оптического трекинга с оптическими маркерами позволяют отследить движения головы и туловища по двум видеокамерам.

Системы профессионального оптического трекинга сегодня используют от двух до четырех камер в каждой системе трекинга (рис. 8.4).



Рис. 8.4. Устройства оптического трекинга с маркерами

На голове пользователя крепится маркер. Неподвижный датчик отслеживает движение маркера, который отражает видимый или инфракрасный свет. В системах с двумя и более камерами нужно провести внутреннюю калибровку, т. е. установить зависимость между внешними размерами специального шаблона-маски и его образом на матрице камеры. После этого следует выполнить внешнюю калибровку, связав координатные системы (реальное местоположение) камер между собой, а затем с координатной системой виртуального мира (как правило, это координаты экрана, являющегося «окном» в виртуальную реальность).

Четырехсенсорная система включает четыре оптических сенсора, компьютер со специализированным программным обеспечением, кабели и четыре инфракрасных маркера.

В качестве преимуществ четырехсенсорной системы перед двухсенсорной выделяют возможность отслеживания четырех маркеров одновременно, что позволяет более полно покрывать отслеживаемое пространство (меньше «мертвых» зон трекинга), а также уменьшать преграды для прямой видимости и увеличивать надежность и точность.

Основной недостаток систем оптического трекинга — необходимость точной калибровки модулей приема оптического сигнала (камеры). Для работы такой системы обычно требуется две камеры или больше. Их рабочая зона — это область пересечения видимости камер. Чем обширнее должна быть зона взаимодействия, тем больше камер необходимо установить, тем сложнее становится процедура калибровки.

В системе **ультразвукового трекинга** передатчики располагаются на реальном объекте, который движется в пространстве, а приемники крепятся таким образом, чтобы образовать антенну.

Когда передатчик посылает сигнал, его принимают статичные сенсоры и измеряют время между отправлением и приемом сигнала. На основе полученного результата, т. е. по времени задержки, высчитывается расстояние между излучателем и приемником. По данным о расстоянии вычисляются трехмерные координаты объекта в системе. Ориентация объекта определяется с помощью связки из трех жестко закрепленных передатчиков.

Достоинствами систем ультразвукового трекинга является хорошая точность измерения координат и углов, а также возможность построения практически любой рабочей зоны.

К основным недостаткам ультразвукового трекинга можно отнести необходимость прямой видимости между излучателями и приемниками, низкую скорость ультразвука, необходимость точной калибровки приемников, снижение точности при изменении температуры и при порывах ветра.

В инерционном трекинге используются акселерометры для измерения угловой скорости и гироскопы для измерения углов изменения положения объекта в пространстве.

Системы трекинга нашли большое применение в кинематографе, компьютерных играх. Но вместе с тем они используются при создании тренажеров-симулянтов для пилотов.

Также системы трекинга можно применять для проведения дистанционных операций, когда врач-специалист находится на одном конце света и руководит действиями механизма, проводящего операцию в другом конце света.

Айтрекинг (трекинг глаз, отслеживание глаз) – процесс определения координат взора (точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости наблюдаемого объекта или экрана, на котором предьявляется некоторый визуальный стимул). Айтрекер – устройство, используемое для определения ориентации оптической оси глазного яблока в пространстве. Айтрекеры используются в исследованиях зрительной системы, психологии, когнитивной лингвистике и юзабилити-исследованиях. Для айтрекинга используются несколько методов. Самый популярный – покадровый анализ видеосъемки глаза.



Рис. 8.5. Контактный метод айтрекинга

Можно выделить два типа айтрекинга:

- 1) контактный;
- 2) бесконтактный.

Контактный тип айтрекинга использует механический контакт с глазом (рис. 8.5). Это могут быть и контактные линзы со встроенными зеркалами, и миниатюрное устройство, создающее магнитное поле. Измерения, проведенные с помощью специальных контактных линз показали записи, чувствительные к движению глаз. Данные

методы часто используются исследователями, изучающими динамику и скрытую физиологию движения глаз (рис. 8.6).

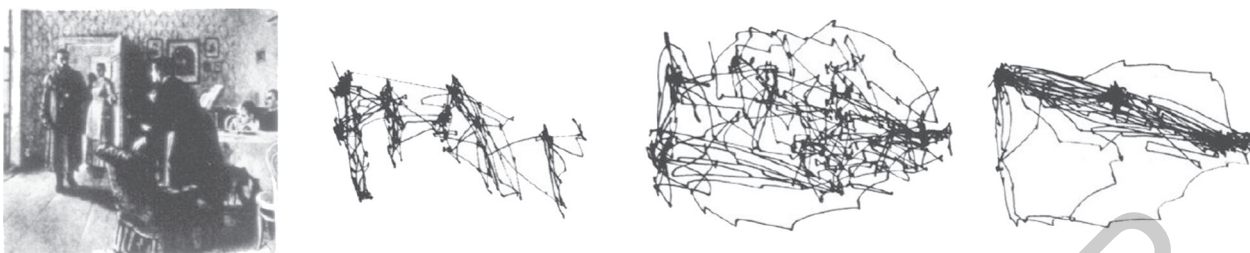


Рис. 8.6. Изучение динамики и скрытой физиологии движения глаз

В основе контактного метода лежит использование собственных электрических свойств глазного яблока. Каждый глаз является источником стабильного электрического поля, которое может быть обнаружено в условиях полной темноты или когда испытуемый закрывает глаза. По физической природе оно является диполем, положительный полюс которого находится на роговице, а отрицательный – на сетчатке. Электрическая ось глазного яблока примерно совпадает с оптической осью и, следовательно, может служить индикатором направления взора. Изменение разности потенциалов между роговицей и сетчаткой обнаруживается через изменение потенциала в тканях, прилегающих к глазнице. Движения глаз регистрируются с помощью электродов, которые устанавливаются крестообразно вокруг глазной впадины (рис. 8.7). Данный метод называется **электроокулографией** (рис. 8.8).

DANS, KÖN OCH JAGPROJEKT

På jakt efter ungdomars kroppsspråk och den "symkretiska dansen", en sammansmältning av olika kulturars dans, har jag i mitt fältarbete under hösten fört iång på olika arenor inom skolans värld. Nordiska, afrikanska, syd- och östeuropeiska ungdomar gör sina röster hörda genom sång, musik, skrik, skratt och gestaltar känslor och uttryck med hjälp av kroppsspråk och dans.

Den individuella estetiken framträder i kläder, frisyrer och symboliska tecken som förstärker ungdomarnas "jagprojekt" där också den egna stilen i kroppsrorelserna spelar en betydande roll i identitetsprövningen. Upphållsrummet fungerar som offentlig arena där ungdomarna spelar upp sina performance liknande kroppsspower

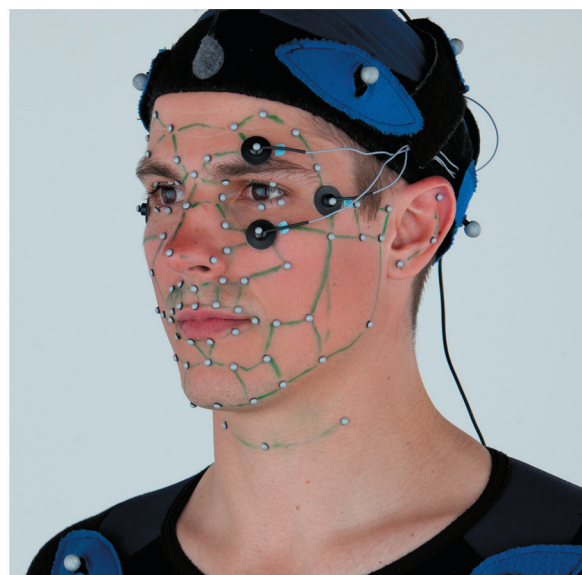


Рис. 8.7. Регистрация движений глаз с помощью электродов (бесконтактный метод)

Следующая обширная категория использует **бесконтактные оптические методы регистрации движения глаз**. Как правило, используется инфракрасная подсветка, которая отражается глазным яблоком и регистрируется видео-



Рис. 8.8. Метод использования электрических потенциалов (электроокулография)

камерой или другим специально разработанным оптическим сенсором. В процессе обработки видеозаписи получается информация об ориентации глазного яблока в пространстве и ее временная динамика. Айтрекеры, основанные на видеозаписи, часто используют отражение инфракрасной подсветки от роговицы глаз для расчета направления на центр глазного яблока и дальнейшего сравнения с координатами центра зрачка.

Более сложный тип айтрекера использует как отражение от роговицы, так и отражение от хрусталика глаза. Наиболее сложные айтрекеры данного типа анализируют также расположение сосудов на роговице глаза и его сетчатке. Данная категория айтрекеров наиболее часто используется в задачах гейстреккинга (нахождение точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости экрана, на котором предьявляется некоторый визуальный стимул), которые требуют, чтобы процедура эксперимента была неинвазивна, а оборудование было относительно недорогим.

Таким образом, анализ этих электрических сигналов может быть использован для айтрекинга.

Устройства для айтрекинга в своей аппаратной реализации очень сильно отличаются. Некоторые из них монтируются на голову испытуемого, другие требуют неподвижного закрепления головы испытуемого, остальные функционируют удаленно и автоматически компенсируют движения головы (рис. 8.9).

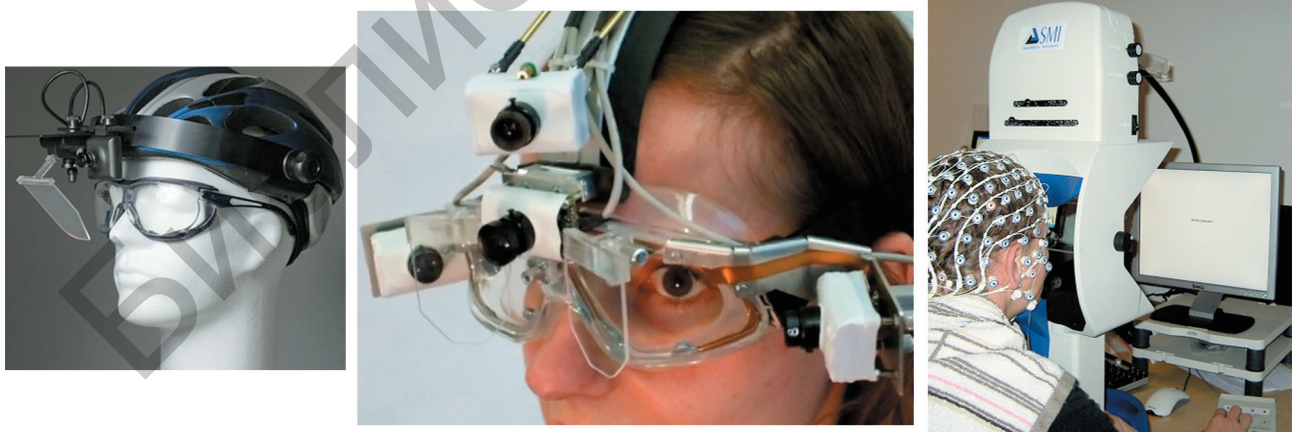


Рис. 8.9. Устройства айтрекинга

Большинство систем функционирует при скорости съемки не менее 30 кадров в секунду. Несмотря на то что наиболее часто используемой скоростью съемки является 50–60 кадров в секунду, большинство айтрекеров, основанных на видеосъемке глаз, работают на скоростях 12, 300, 500 или даже 1000–1250 кадров в секунду. Это необходимо для обеспечения регистрации 100 % движений глаз.

Мониторинг траектории движения глаз существенно облегчает выявление точек интереса испытуемых для анализа когнитивных процессов. Биологические факторы, например пол, могут оказывать влияние на путь взгляда. Таким образом, айтрекинг может быть использован в юзабилити-исследованиях, а также в управлении внешними устройствами с помощью контроля движений глаз. Для устройств, монтируемых непосредственно на голове испытуемого, позиция головы и ее ориентация в пространстве складываются с вектором направления взгляда человека. Для систем с неподвижным айтрекером направление головы вычитается из направления взгляда для того, чтобы определить позицию глаз на лице.

Айтрекинг в 3D. С 2012 г. компания Apple зарегистрировала патент на технологию «Hot 3D eye-tracking», основанную на интерфейсе, который будет использоваться в игровой индустрии, цифровой фотографии и видео, биометрии и системах наблюдения.

Эта технология с помощью 2D-экранов без каких-либо очков может предоставлять пользователю реалистичные 3D-объекты и возможность осмотреть их с разных сторон. Например, изменение своего местоположения относительно положения осмотра экрана будет приводить к перемещению теней посредством изменения освещения.

8.3. Телеконференция и направление взора собеседников

Телеконференция (англ. teleconference) – совещание, участники которого территориально удалены друг от друга и которое осуществляется с использованием телекоммуникационных средств (рис. 8.10).

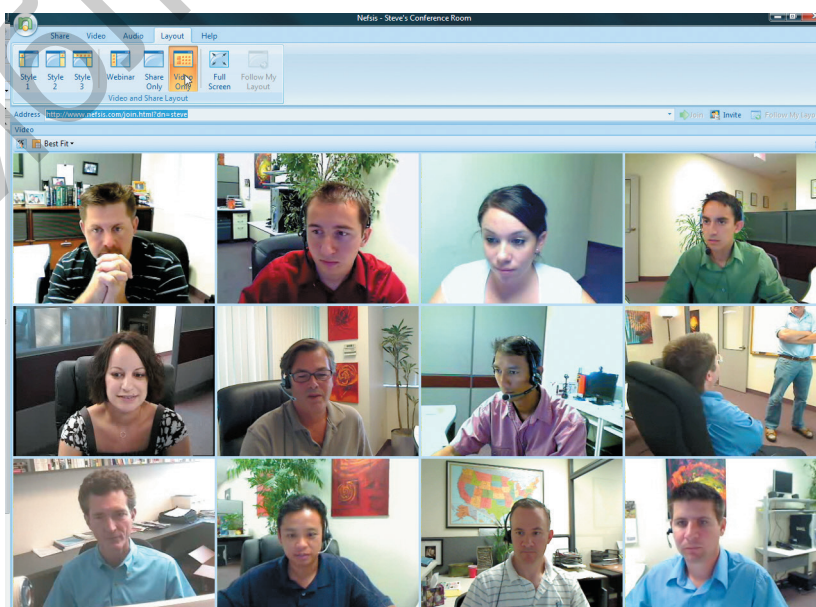


Рис. 8.10. Интерфейс программного обеспечения

Усилить эффект вовлеченности в коммуникацию позволяют технологии телеприсутствия. Для обеспечения полного телеприсутствия необходимо, чтобы пользователь получал те же ощущения, как если бы находился в другом месте. Также пользователь может иметь возможность воздействовать на удаленное место. В этом случае перемещения, действия, голос пользователя должны быть считаны, переданы и воспроизведены в удаленной локации.

Одним из важнейших элементов полноценной коммуникации является зрительный контакт собеседников, однако, добиться его, используя штатные средства телеконференции невозможно, т. к. камеры всегда расположены не непосредственно на месте изображения собеседника, а с каким-то смещением, что в свою очередь создает впечатление, будто собеседник смотрит куда-то в сторону.

Наиболее дешевый с точки зрения технических ресурсов способ определения направления взгляда – это обработка видеоизображения. Способ не требует никаких дополнительных устройств и приспособлений. Один цикл определения направления взгляда можно разделить на три стадии:

1. Представление обнаруженных частей в виде геометрических объектов: эллипсов, вписанных в радужки и углы.

2. Получение направления взгляда из анализа геометрических фигур: линии взгляда определяются для каждого глаза отдельно и затем вычисляется фокусное расстояние.

3. Определение частей лица через обработку изображений (рис. 8.11):

1) определение радужки;

2) внешних и внутренних углов глаз;

3) уголков рта;

4) представление обнаруженных частей в виде геометрических объектов: эллипсов, вписанных в радужки и углы;

5) получение направления взгляда из анализа геометрических фигур: линии взгляда определяются для каждого глаза отдельно и затем вычисляется фокусное расстояние.

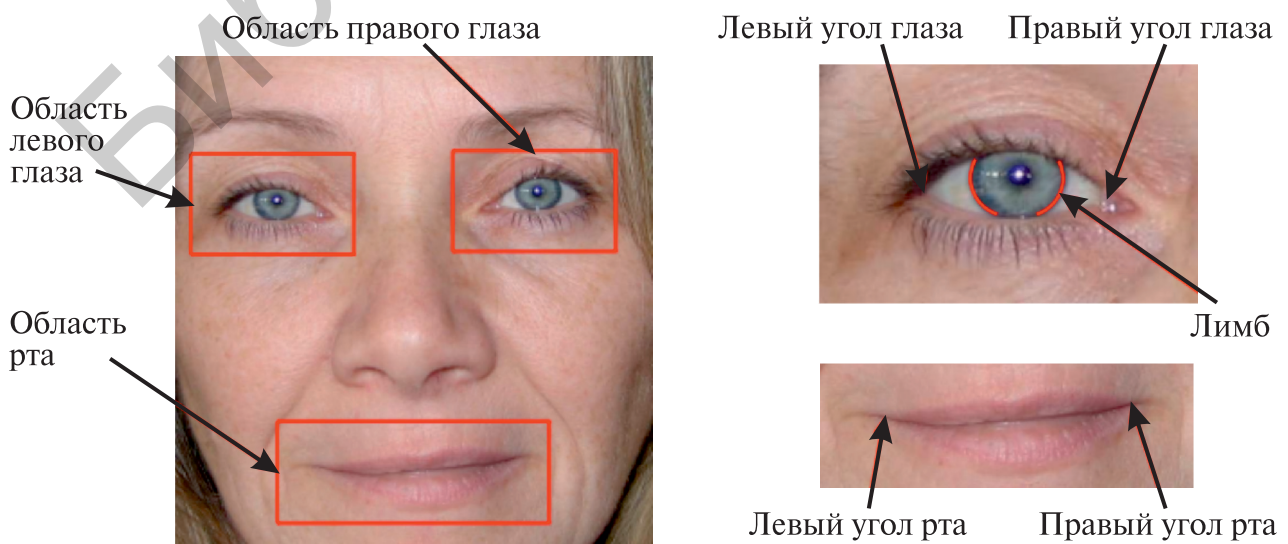


Рис. 8.11. Ключевые точки окружности лица

Описанный метод считается самым недорогим с технической точки зрения. С другой стороны, компания NTT предложила технически очень насыщенное решение: оно состоит из нескольких проекторов, полупрозрачных дисплеев с моторизованным приводом и динамиков (соответствующий набор электроники должен быть установлен на каждой стороне). Система записывает видео и голос участников виртуальной встречи и выводит обработанную информацию на дисплей.

8.4. Гироскоп для определения направления взора человека

Гироскоп – устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации связанного с ним тела относительно инерциальной системы координат, как правило, основанное на законе сохранения вращательного момента (момента импульса) (рис. 8.12).

Этот прибор был создан французским физиком Фуко еще в 1852 г. Само слово «гироскоп» греческого происхождения и состоит из двух слов «гиро» – «вращение» и «скопо» – «наблюдаю», что обозначает наблюдение вращением. И действительно, работа гироскопических приборов основана на свойстве быстровращающегося волчка сохранять неизменным направление оси вращения в пространстве.

Принцип действия. Основным элементом гироскопа является быстро вращающийся ротор, закрепленный так, что ось его вращения может поворачиваться. Три степени свободы (оси возможного вращения) ротора гироскопа обеспечиваются двумя рамками карданова подвеса. Если на такое устройство не действуют внешние возмущения, то ось собственного вращения ротора сохраняет постоянное направление в пространстве. Если же на него действует момент внешней силы, стремящийся повернуть ось собственного вращения, то она начинает вращаться не вокруг направления момента, а вокруг оси, перпендикулярной ему (прецессия) (рис. 8.13).

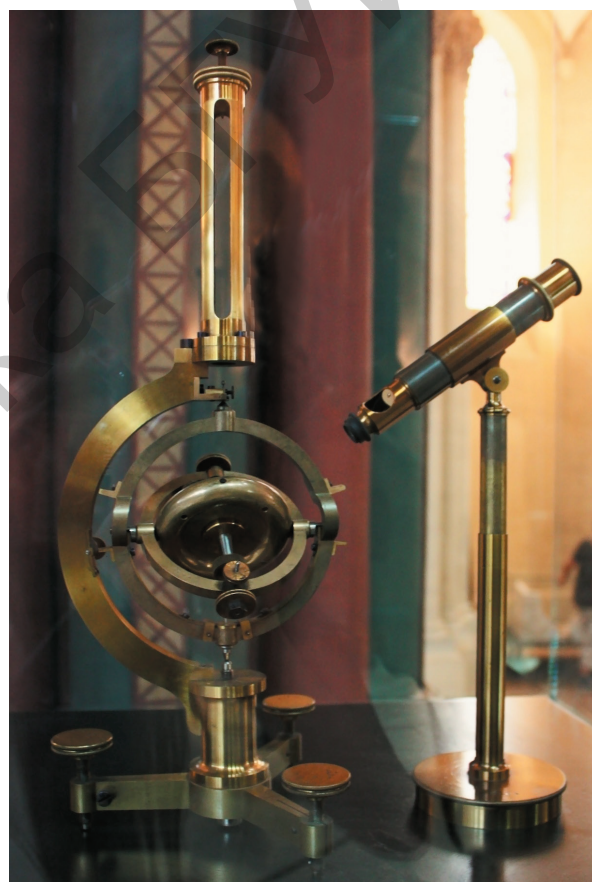


Рис. 8.12. Гироскоп, изобретенный Фуко

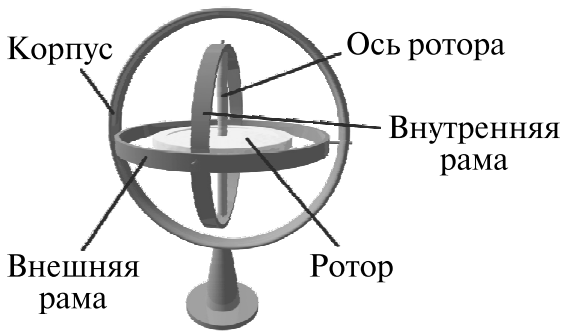


Рис. 8.13. Принцип действия гироскопа

МЭМС-гироскоп. Микроэлектромеханические гироскопы являются разновидностью вибрационных гироскопов, работающих благодаря кориолисовому ускорению. Такие устройства сохраняют свои колебания в одной плоскости при повороте и являются более простыми и дешевыми (менее 10 дол. США за штуку) в производстве по сравнению с роторными образцами, позволяя добиться практически такой же точности.

Микроэлектромеханическая система объединяет в себе электронные и механические компоненты в очень маленьком объеме пространства – обычно размеры элементов системы колеблются в диапазоне от 1 до 100 мкм. В основе МЭМС-устройства лежит специализированная интегральная схема (ASIC), предназначенная для решения конкретной задачи, и несколько микросенсорных датчиков.

Применение. Гироскоп чаще всего применяется как чувствительный элемент указывающих гироскопических приборов и как датчик угла поворота или угловой скорости для устройств автоматического управления. В некоторых случаях, например в гиросtabilизаторах, гироскопы используются как генераторы момента силы или энергии.

Сегодня созданы достаточно точные гироскопические системы, удовлетворяющие большой круг потребителей. Например, сегодня широко распространено использование микромеханических гироскопов в системах стабилизации автомобилей или видеокамер.

Значительное удешевление производства МЭМС-гироскопов привело к тому, что они начинают использоваться в смартфонах и игровых приставках.

Появление МЭМС-гироскопа в смартфоне Apple iPhone 4 открыло новые возможности в 3D-играх и в формировании дополненной реальности.

Использование гироскопа в авиации. Нашлемная система индикации (НСИ) проецирует изображение на прозрачный экран, находящийся перед глазами пилота и закрепленный на его шлеме. НСИ позволяет осуществлять контроль полета и прицеливание, не опуская взгляд на индикаторы в кабине, т. е. не отвлекаясь от окружающей обстановки, что очень важно в условиях боевых действий и на напряженных фазах полета. Система осуществляет слежение за взглядом пилота по положению его головы и глаз с помощью, как минимум, двух гироскопов, закрепленных на шлеме, и непрерывно передает информацию о текущем направлении взгляда прицельно-навигационному комплексу. Одновременно на экране проецируется прицел. Пилоту индицируются основные пилотажные параметры: скорость, высота, угловое положение самолета в пространстве и т. д.

Некоторые виртуальные шлемы имеют встроенные устройства для отслеживания поворотов головы (трекеры), но чаще всего трекеры приходится покупать отдельно.

Гироскопический модуль состоит из собственно гироскопа, стрелка которого постоянно направлена в одном и том же положении, и блока электроники, обсчитывающего повороты головы пользователя. Недостаток гироскопических модулей, как правило, состоит в их громоздкости и в том, что пользователю удается сбить гироскоп при резких поворотах головы.

First Person View (FPV) — вид от первого лица. Такой аббревиатурой называют одно из направлений радиоуправляемого **авиамоделизма**.

Оставаясь на земле, пилот управляет полетом самолета, находящегося от него на расстоянии нескольких километров, при этом он получает практически 100-процентный эффект собственного присутствия на борту. Управление самолетом только по картинке, получаемой с камеры самолета, называется FPV-пилотированием (рис. 8.14).

Модель FPV-пилотирования состоит из нескольких блоков: видеокамеры, закрепленной на модели самолета; передатчика, отправляющего видеопоток с камеры на землю; приемника, принимающего и преобразующего видеосигнал, и очков или шлема виртуальной реальности (со встроенными гироскопами), надеваемого на голову пилота (рис. 8.15).



Рис. 8.14. Очки виртуальной реальности для FPV-пилотирования



Рис. 8.15. Тренировочные очки для авиамоделизма

Солнцезащитные очки Pivothead. Компания Pivothead представила новый девайс, объединяющий в себе моду, стиль и высокие технологии. Речь идет о солнцезащитных очках со встроенной камерой CMOS Sony, позволяющей снимать видео в формате MPEG-4 H.264 с разрешением FullHD 1080 p (есть возможность записи и в режиме 720 p). Помимо этого, камера может снимать в режиме фото с количеством до 8 мегапикселей, в том числе в нескольких режимах серийной съемки.

Камера снабжена гироскопическим стабилизатором изображения, что будет очень полезным при съемки в экстремальных условиях. Кнопки включе-

ния камеры и переключения режимов располагаются на левой дужке очков, так что особых проблем у «оператора» возникать не должно.



Рис. 8.16. Солнцезащитные очки Pivothead

Устройство от Pivothead совместимо с платформами Android, Windows и Mac, и посредством специального программного обеспечения Glasses Manager, поставляемого в комплекте, можно настраивать множество параметров камеры. Встроенная память устройства составляет 8 Гбайт, а для того, чтобы переписать отснятый материал на другие устройства предусмотрен USB-порт. Питание очков происходит от встроенного аккумулятора (440 мА·ч), которого хватает на 1 ч непрерывной работы (рис. 8.16).

Помимо всех своих технических возможностей девайс обладает и более простыми, но не менее важными функциями солнцезащитных очков: он легко защитит глаза от инфракрасного и ультрафиолетового излучения, а сами линзы имеют специальное покрытие, устойчивое к царапинам и бликам. Стоимость новинки — 350 дол. США.

Горнолыжные очки Transcend — первые в мире горнолыжные очки с GPS-навигатором. А также с LCD-дисплеем, акселерометром, гироскопом, датчиками температуры и давления (рис. 8.17).

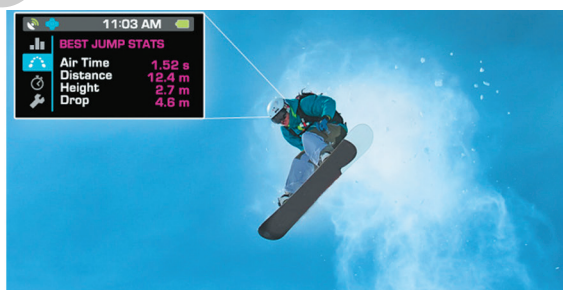


Рис. 8.17. Пример спортивных очков Transcend

В этих очках вы получите все необходимые данные, включая время спуска и среднюю скорость движения. Большая часть данных проецируется на стекло — обзору не мешает, визуально цифры будут находиться от вас в двух метрах.

Кроме того, вся телеметрия фиксируется в памяти и доступна для последующего анализа. Через порт USB все данные можно сгрузить на компьютер.

Навигационные очки AV Walker. Не заблудиться в каменных джунглях поможет система расширенной реальности AV Walker, разработанная японскими компаниями Olympus и NTT Docomo. Решение состоит из двух частей — встроенного в очки проектора, транслирующего изображение на сетчатку глаза пользователя, и установленного на смартфоне программного обеспечения. А для ориентации на местности используются акселерометр, гироскоп

скоп и навигационный модуль GPS. Конечно, идея интерактивных очков не нова, но AV Walker является одной из немногочисленных подобных систем, готовых к применению уже сейчас (рис. 8.18).

Очки для автомехаников. Специально для работников своих станций технического обслуживания компания BMW создала очки со встроенным дисплеем, который дополняет реальную картину виртуальными объектами. Автомеханику нужно лишь поочередно переводить взгляд с одной детали автомобиля на другую, а система с высокой точностью подскажет, какая из них нуждается в небольшом ремонте или полной замене. «Умные» очки также помогут быстро подобрать инструмент, который лучше всего подходит для выполнения текущей операции. Помимо визуальной информации предоставляются еще и голосовые подсказки (через наушник). Таким образом, благодаря виртуальному помощнику техосмотр автомобиля проводится значительно быстрее. Качество обслуживания при этом не снижается, а время водителей экономится (рис. 8.19).



Рис. 8.18. AV Walker

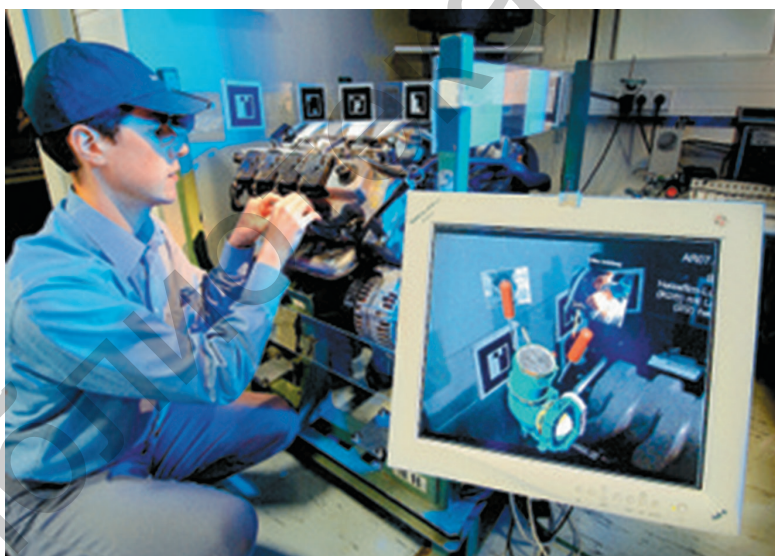


Рис. 8.19. Очки для автомехаников

8.5. Трекеры как следящая система за движениями головы, туловища, глаз

Система отслеживания движений головы – устройство ввода информации в персональных компьютерах, преобразующее движения головы пользователя в координаты.

Применение трекеров возможно в следующих направлениях:

1. **Как датчик положения в шлемах виртуальной реальности.** В данном случае датчик положения создан для того, чтобы отслеживать повороты головы

пользователя в 3D-очках и менять вид на экране монитора. Вы поворачиваете голову налево и вместо панели приборов видите крыло вашего виртуального самолета. Создается полное ощущение погружения в виртуальный мир и виртуальность становится чуть более реальной. Сегодня чаще всего используются следующие принципы действия трекеров – с помощью инфракрасных датчиков, магнитные, механические, с помощью датчиков положения и с помощью гироскопического модуля (рис. 8.20).



Рис. 8.20. Шлемы VR

2. Как замена мыши для людей с ограниченной подвижностью. Некоторые люди из-за болезни полностью или частично теряют подвижность рук. Болезнь моторных нейронов, повреждения спинного мозга, мышечная дистрофия, квадриплегия, туннельный синдром запястья, травмы, возникающие из-за постоянной нагрузки, тендинит и другие проблемы, связанные с напряжением кисти руки, могут привести к тому, что человек теряет возможность работать на компьютере при помощи обыкновенных клавиатуры и мыши.

В таких случаях хорошей альтернативой может стать «головная мышь» – трекер, который позволяет управлять компьютером без использования рук.

3. Как средство для имитации поворотов головы в симуляторах. Это приспособление особенно важно использовать в авиасимуляторах, где вражеский самолет может находиться в любом направлении от пилота. Для того чтобы пользователь не отворачивался от экрана, система настраивается так, что небольшой поворот головы соответствует повороту камеры на 180° (рис. 8.21).



Рис. 8.21. Симулятор

4. Трекеры используются в трехмерном программном обеспечении для имитации трехмерности «заэкранного» мира – при поворотах, наклонах и других физических действиях человека изображение на экране подстраивается так, что возникает иллюзия, что пользователь смотрит через окно-монитор на трехмерный объект.

5. В качестве беспроводного джойстика RUCAP UM-5. Трекер RUCAP UM-5 отвечает за управление обзором в компьютерных играх, наиболее эффективен в играх, авиасимуляторах и автосимуляторах. Трекер в реальном времени отслеживает

абсолютное положение и ориентацию головы человека относительно монитора. В процессе работы антенна RU постоянно отслеживает положение излучателя CAP и передает эти данные в сервисную программу RUCAP UM-5 Tracker для обработки. В окне программы отображается модель головы, которая повторяет все движения пользователя. Данные о перемещении оператора преобразуются в конкретные команды для программы или компьютерной игры, с которой в текущий момент работает трекер RUCAP UM-5, в соответствии с настройками, заданными в сервисной программе.

Сервисная программа RUCAP UM-5 Tracker позволяет настроить эмуляцию мыши, клавиатуры или джойстика. С помощью эмуляции назначаются команды на разные движения трекера. Таким образом производится управление компьютером и играми.

6. **HeadJoy** – устройство, разработанное российскими энтузиастами, на основе открытого USB-джойстика MJoy. Имеет активный маркер с четырьмя светодиодами, закрытыми специальной шторкой; приемник сравнивает интенсивность света от каждого из них и соответственно вычисляет поворот головы пользователя. Работает по принципу трех координат X, Y, Z, например, поворот головы и приближение к экрану (рис. 8.22).



Рис. 8.22. HeadJoy

7. **Профессиональный трекинг A.R.T.** – профессиональная система трекинга, применяющаяся в научных исследованиях, системах виртуальной реальности для разработки сложных технических изделий (авиакосмическая, автомобильная промышленность и т. д.), медицине и робототехнике. Система построена на инфракрасном оптическом принципе.

8. **RED500.** Немецкая компания SensoMotoric Instruments (SMI) запустила на рынок свою последнюю разработку – систему слежения движений глаз под названием RED500. Объявленный компанией как первый в мире высокопроизводительный и высокоскоростной удаленный «трекер глаза», RED500, имея возможность бинокулярного отслеживания с частотой дискретизации 500 Гц, удачно совмещает в себе техничность и портативность.

Отслеживание движения глаз является ключевой исследовательской технологией для многих видов научных, маркетинговых и конструкторских изысканий. В частности, это устройство от SMI может быть использовано в неврологии – для понимания того, как человек обрабатывает визуальную информацию. Это поможет вовремя обнаруживать многие нейродегенера-

тивные заболевания глаз, а также может привести к пониманию расстройств, таких как дислексия.

Маркетологи и конструкторы могут использовать устройство для отслеживания движений глаза в предварительных испытаниях своей продукции с целью выявить то, на чем именно сосредотачивается целевая аудитория. Устройство также используется в спорте и в сфере безопасности.

Как известно, взгляд человека «состоит» из множества быстрых, еле уловимых движений глаза, которые называются **саккадами**. Саккады измеряются в градусах движения в секунду и могут развивать скорость до 1000 град/с. Частота дискретизации в 500 Гц позволяет RED500 захватить больше саккад, тем самым обеспечивая высокий уровень измерения движения глаз.

RED500 может устанавливаться на компьютерных мониторах, телевизорах и проекторах. Основой измерительных данных устройства является положение глаз и изменение размера зрачка. При этом цвет глаз, контактные линзы и очки не влияют на измерения. Результаты могут быть экспортированы в различные форматы, включая SPSS и Excel. Что же касается стоимости устройства, компания пока не дает ответа на этот вопрос.

8.6. Следящие радиосистемы регистрации местоположения человека

Аппаратно-программный комплекс системы регистрации местоположения человека – беспроводная система захвата движения на базе сенсорной сети на инерциальных датчиках. Аппаратная часть состоит из носимых измерительных модулей и координатора, подключенного к персональному компьютеру.

Программная часть состоит из программного обеспечения элементов сенсорной сети и специальной студии по обработке и визуализации полученных данных.



Рис. 8.23. Схема системы регистрации местоположения человека

Система имеет топологию «Звезда». Носимые измерительные устройства собирают данные об ориентации и перемещении и отправляют ее на координатор. Координатор отправляет полученные данные на персональный компьютер, где все данные обрабатываются и либо визуализируются в реальном времени, либо сохраняются для последующего использования (рис. 8.23).

В качестве координатора используется универсальная платформа беспроводной

сенсорной сети. Платформа имеет все необходимые интерфейсы (I2C, SPI, UART) для подключения внешних сенсоров.

В качестве датчика используется инерциальный МЭМС-сенсор. В данный сенсор интегрированы трехосные акселерометр, гироскоп и магнитометр. Это позволяет получить шесть степеней свободы для захвата движения. Новые датчики обеспечат навигацию пользователей в помещении.

Всем известная и широко используемая система GPS (Global Position Service) помогает проложить маршрут из точки А в точку Б. Но что если вы просто пытаетесь найти нужный павильон в гипермаркете? Новая система позволит не потеряться посетителям магазинов или торговых центров. Для навигации система использует очень простые датчики, которые подскажут местонахождение в помещении в любое время.

Система начинает работать с момента входа посетителя в помещение, после того, как он отсканирует QR-код в начале маршрута. Этим простым действием посетитель указывает системе свое первоначальное местоположение. Дальше в работу включается встроенный шагомер и компас, которые оценивают скорость и направление движения человека. Вместо того чтобы полагаться на сигналы спутников GPS, система определяет положение на основе длины шага и направления движения.

Ученые Московского авиационного института (МАИ) создали **систему для слежения за сотрудниками на рабочем месте**. Необходимость в определении и постоянном контроле местоположения персонала прежде всего возникает в организациях, расположенных на больших территориях. Это крупные госпитали или больницы, супермаркеты, где руководителю порой нужно за минуты определить, где находится тот или иной сотрудник, оперативно перебросить его на другой фронт работ. Подобной разработкой заинтересованы на предприятиях с повышенной опасностью – это нефтяные терминалы, атомные электростанции и даже подводные лодки.

Система не отличается большой сложностью: человек приходит на работу, ему выдают личную электронную метку, которую он должен носить при себе до окончания рабочего дня. Каждая метка или чип пронумерованы. То есть для начальника вы теперь не просто Мария Ивановна или Петр Семенович – вы объекты под определенными номерами, которые перемещаются в виде точек по монитору его компьютера. Такого эффекта специалисты МАИ добились за счет особой радиолокационной системы: в каждом кабинете и коридорах предприятия устанавливаются приемные устройства, которые проводными или беспроводными линиями связаны с единым центром обработки информации, т. е. с кабинетом начальника. Радиомаяки-метки посылают этим устройствам сигналы о своем местонахождении.

Точность определения координат объекта лежит в пределах от 5 до 50 см в зависимости от размеров и конфигурации помещения. Задержка в передвижениях точек на экране начальника – не более 5 с. Система может вы-

дать ему информацию в виде трасс, по которым перемещаются его сотрудники в разных уголках предприятия. В настоящее время система с четырьмя приемными устройствами может функционировать в помещениях площадью до 200–300 м². При больших размерах помещения можно просто ввести в систему дополнительные приемные устройства.

Благодаря разработанному сверхчувствительному радару, можно также на расстоянии определять даже эмоциональное состояние работников.

Прибор ловит невидимые глазом колебания грудной клетки при дыхании и биении сердца, частоту моргания ресниц. В общем весь спектр признаков человеческих чувств – от легкого волнения до сильного стресса. Но зачем это? – спросите вы. Неужели начальству все-таки интересно наше душевное состояние? Иногда да. В тех случаях, когда от вашего состояния зависит качество работы. К примеру, когда диспетчер работает у пульта атомной электростанции, его руководителю не лишне знать, насколько тот уравновешен при принятии тех или иных ответственных решений.

Глава 9

МОДУЛЬНАЯ СТРУКТУРА ТРЕНАЖЕРА

9.1. Понятие и принципы построения тренажера

Тренажер (англ. train – обучать, тренировать) – аппарат тренировки или контроля учащихся при обучении профессии или выработки и совершенствовании профессиональных навыков, реализующий физическую и функциональную модель системы «человек – машина» и ее взаимодействие с предметом труда и внешней средой, обеспечивающий постоянный контроль качества деятельности обучаемого и предназначенный для формирования и совершенствования у него профессиональных навыков и умений, необходимых ему для управления системой «человек – машина».

Рассмотрим принципы построения сценариев тренажеров на основе пакетов прикладных программ (ППП).

Первый принцип – выбор типовой интересной и поучительной задачи или класса задач. Это ключевая и наименее формализуемая проблема разработки тренажера. Нет задачи – нет тренажера! Удачный выбор задачи предопределяет успех при реализации остальных принципов построения тренажера.

Учебные задачи должны соответствовать профилю учебного курса, иметь реальные прототипы и четкий физический смысл, обладать предсказуемостью результатов решения лишь в самых общих чертах. К сожалению, более четких рекомендаций дать невозможно. Внимательное изучение примеров тренажеров позволит пробудить профессиональную интуицию, на основе которой разработчик комплекса сможет подобрать подходящую задачу или класс задач.

Второй принцип – организация циклического, замкнутого управления познавательной деятельностью учащихся. Этот фундаментальный принцип общей теории управления уже обсуждался ранее. Рассмотрим его применительно к тренажерам.

Напомним, что циклической, замкнутой системой управления называют систему с обратными связями (ОС). В педагогических системах ОС делят на внутренние и внешние. Информация внутренней ОС поступает к обучаемому и используется им для самокоррекции своей деятельности. Информация внешней ОС поступает к педагогу и используется им для коррекции деятельности обучаемого и обучающей программы.

Понятие внутренней ОС имеет исключительно важное значение для построения тренажеров на основе ППП. Внутренняя ОС призвана частично заменить помощь преподавателя на этапах анализа результатов и принятия решений. Работая с учебным ППП, обучаемый должен оперативно получать информацию о правильности (или эффективности) своих действий. Результаты расчета сами по себе являются основной информацией внутренней ОС. Но их анализ не всегда доступен обучаемому. Необходимо давать ему дополнительную информацию, которая бы стимулировала и помогала проводить вдумчивое изучение результатов расчета (рис. 9.1).

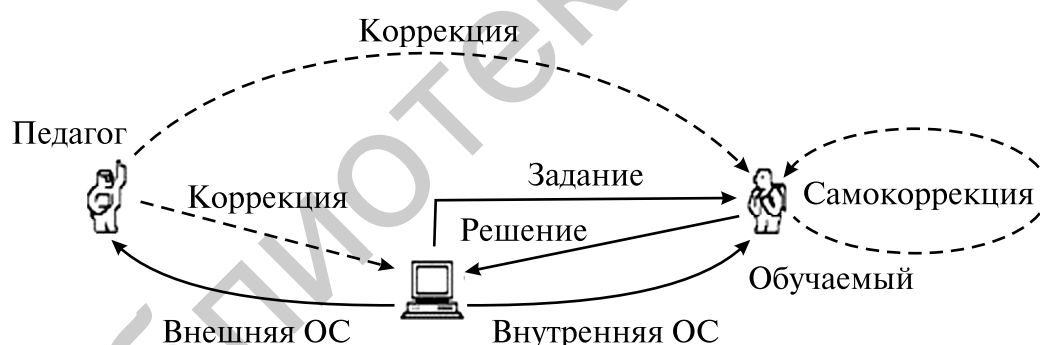


Рис. 9.1. Схема взаимодействия в триаде «педагог – тренажер – обучаемый»

Простейшим дополнительным сообщением, которое, как показывает опыт, стимулирует интерес к анализу результатов расчета, является сообщение об оценке действий, выполненных обучаемым на этапе подготовки к расчету. Это может быть оценка правильности выдвинутой гипотезы в учебном исследовании, оценка эффективности проектного решения, оценка качества построения математической модели и т. п. (рис. 9.2).

Кроме оценки обучаемому может предоставляться и определенная вспомогательная информация для анализа и коррекции принятых решений. Степень развернутости этой информации, помогающей обучаемому принимать рациональные решения, определяется результатами оценки его деятельности (рис. 9.3).

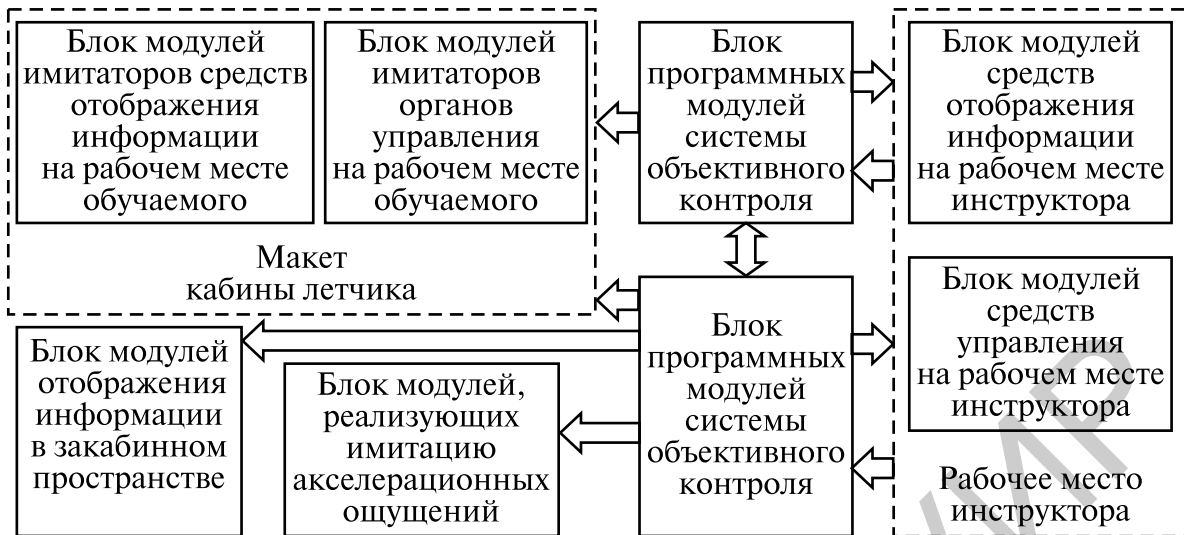


Рис. 9.2. Пример авиационного тренажера модульной конструкции

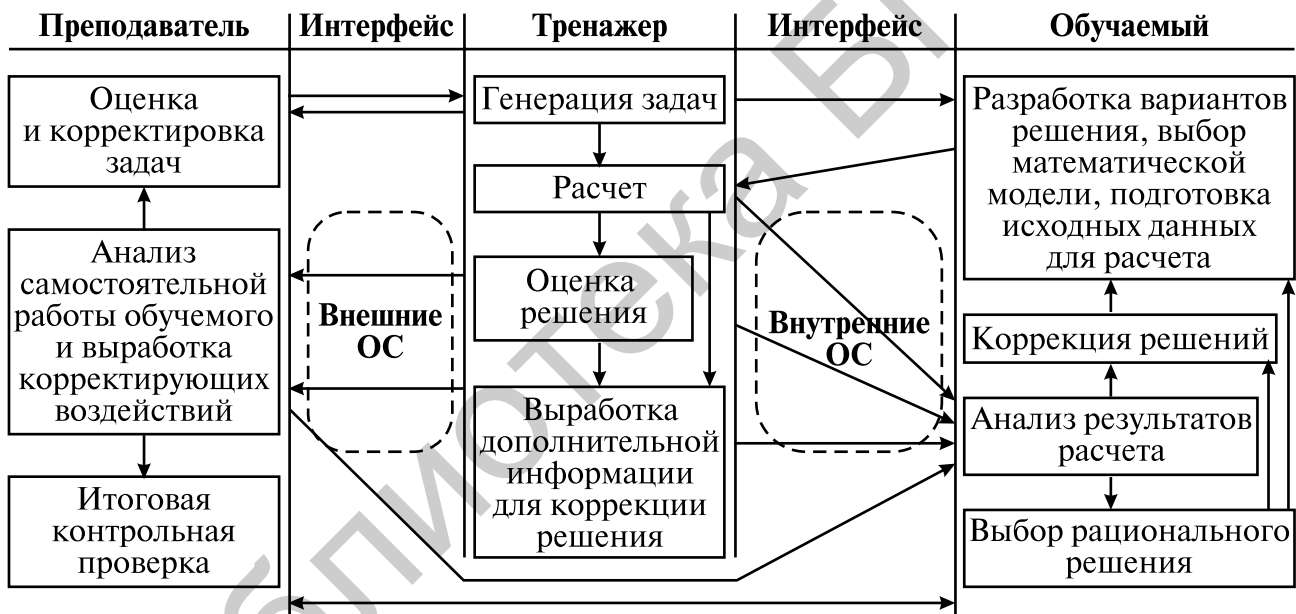


Рис. 9.3. Вспомогательная информация для тренажера

Информация внешней ОС необходима преподавателю для анализа самостоятельной работы обучаемых и коррекции всего процесса обучения. Во все не обязательно, чтобы она была оперативной. Анализ информации внешней ОС может быть отсроченным, а коррекция по его результатам может проводиться в ходе групповых и индивидуальных консультаций, в процессе формирования банка учебных задач, последовательности их предъявления обучаемым, при совершенствовании тренажеров. Внешняя ОС должна предоставлять преподавателю возможность получать объективную количественную оценку учебной деятельности каждого ученика и статистику по учебной работе всей группы. Преподаватель должен иметь возможность анализировать не только итоговую оценку, но и путь, по которому продвигался обучаемый в ходе решения учебной задачи. Такой анализ позволит

оказывать более дифференцированную помощь при проведении индивидуальных консультаций.

Третий принцип – создание соревновательных ситуаций для активизации познавательной деятельности. Схема рассмотренного выше сценария учебного проектирования позволяет легко ввести соревновательные и, следовательно, игровые элементы. Это может быть соревнование либо на получение наиболее рационального проекта при выдаче одинаковых заданий всем обучаемым, либо на достижение минимальной относительной разницы в критериях эффективности между эвристическими и оптимальными машинными решениями при выдаче различных заданий. Причем при второй форме соревнования обучаемые непосредственно состязаются с ЭВМ, что, как показывают наблюдения, является психологически более щадящим и более привлекательным для большинства обучаемых, чем прямое состязание друг с другом.

По типу исполнения можно выделить следующие тренажеры:

1) **реальные** или **приближенные к реальности** – для отработки каких-либо умений используются физические объекты (в медицине используются своего рода манекены, муляжи для отработки проведения операций, использующие материалы, приближенные к реальным объектам (мышечные ткани, структура и расположение органов и т. д.);

2) **виртуальные** – для обучения используется виртуальная реальность (программы, комплексы).

Тренажер виртуальной реальности (ТВР) предназначен для создания в высшей степени реалистичных учебных и тренировочных ситуаций и может использоваться для обучения любых специалистов: врачей, летчиков, инженеров и т. д. (рис. 9.4–9.5).

Например, вариант соединения симулятора аэропорта с симулятором кабины позволяет при обучении специалистов исключить опасность авиационной катастрофы.



Рис. 9.4. Примеры учебных тренажеров



Рис. 9.5. Примеры тренажеров виртуальной реальности

Кроме того, тренажер позволяет исследовать психологические реакции, что особенно важно при отборе кандидатов в космонавты, сотрудников спецназа, ВДВ и т. д.

9.2. Навыки и стратегии обучения ученика на тренажере

На тренажере человек совершенствует какие-либо навыки.

Навык — действие, формируемое в ходе упражнения, совершаемое на уровне подсознания, под контролем сознания и проявляющееся в стандартных, стереотипных условиях.

Навыки в психологии бывают трех видов:

1. **Двигательные навыки** — автоматизированные воздействия на внешний объект с помощью движений в целях его преобразования, неоднократно осуществлявшиеся ранее. Они включены в различные виды деятельности. Без выработки двигательных навыков невозможно воздействие на предмет труда, управление технологическими процессами, устная и письменная речь, передвижение в пространстве и т. д.

2. **Сенсорно-перцептивные навыки** — автоматизированные чувственные отражения свойств и характеристик хорошо знакомых, неоднократно воспринимавшихся прежде предметов. Они лежат в основе развития чувствительности. И труд, и учение, и игра предполагают определенный уровень развития чувствительности. Навык слухового восприятия складывается для родного языка в раннем детстве на основе подражания, расчленение же слов и их опознание в иностранном языке при обучении в школе формируются в сознательных упражнениях.

3. **Навыки интеллектуальные** — автоматизированные приемы, способы решения встречавшихся ранее умственных задач. К важнейшим относятся навыки чтения чертежей, заучивания, построения доказательств и т. д. Важное место в умственной деятельности принадлежит навыкам распределения и концентрации внимания, наблюдения.

Стратегии обучения ученика на тренажере:

1. **Стратегии по избеганию вредного предмета.** У человека есть рефлекс уклоняться от опасности. Поэтому человек овладевает навыком слежения за опасностью (например, водитель следит за кромкой дороги).

2. **Стратегии по приближению к полезному предмету.** Навык слежения за целью, чтобы к ней приблизиться.

3. **Стратегии обучения движению по маршруту (пошаговые).** При этом формируется как сенсорный образ маршрута, так и навыки передвижения по нему.

4. **Алгоритм обучения как движение по спирали.** При формировании в одном сеансе одновременно не одного, а нескольких навыков следует по спирали возвращаться к каждому навыку попеременно, поднимать его на какой-то дельта-уровень и переходить к новому навыку.

9.3. Модули построения тренажера для формирования образных навыков

Тренажеры, создаваемые для формирования образных навыков, состоят в основном из следующих модулей (рис. 9.6):

- систем отображения информации;
- приема реакций человека;
- измерения ошибки человека;
- хранения истории хода обучения;
- интеллектуального модуля;
- модуля реплик.

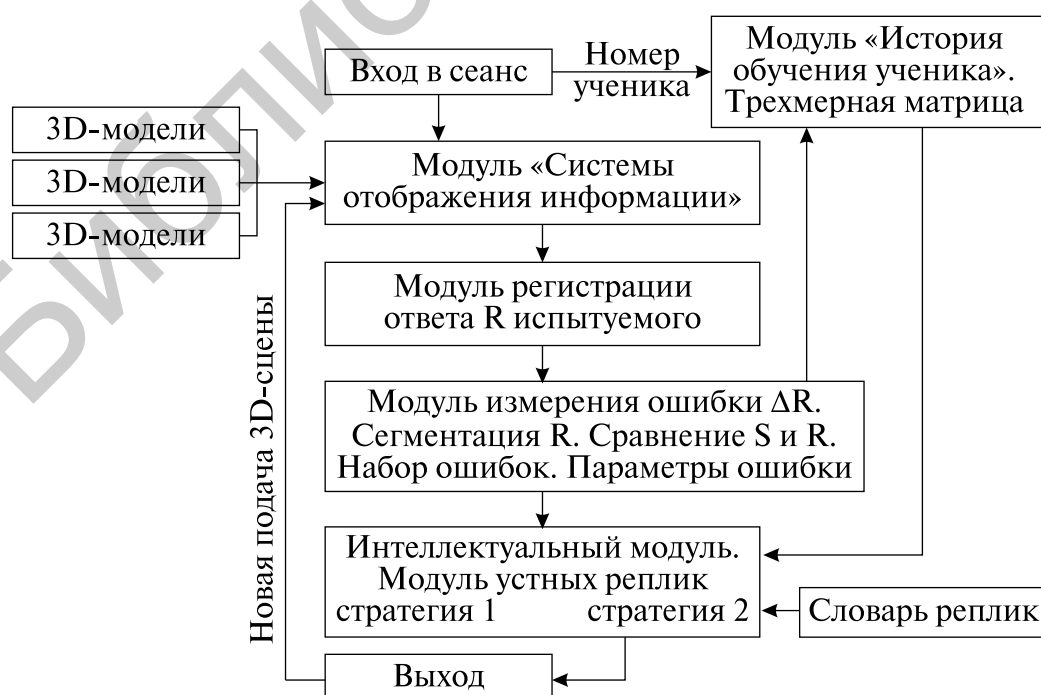


Рис. 9.6. Структурная схема тренажера для формирования образных навыков

Модуль систем отображения информации. Отображение, получение информации в тренажерах может происходить посредством технологий 2D/3D.

Используя технологию 2D, человек получает информацию посредством мониторов, дисплеев, установленных в тренажере. Использование 3D-технологий дает возможность получения информации, наиболее приближенной к реальности, посредством стереоскопических эффектов.

Плоское изображение монитора может обеспечивать небольшой стереоэффект за счет разной скорости движения частей изображения. Полный стереоэффект обеспечивается предоставлением каждому глазу своей картинке.

Изображение может формироваться монитором с цветовым смещением (анаглиф) или с попеременным показыванием каждому глазу своей картинки. Существуют ЖК-мониторы, формирующие объемное изображение за счет разного угла обзора.

Зрение человека позволяет получать представление о величине, форме (перспективе) и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними.

Системы отображения информации представляют ее в понятном для восприятия человеческим глазом виде. Примерами являются:

- семисегментный индикатор – устройство визуального отображения цифровой информации;
- блинкерное табло – электромеханический бистабильный матричный знаковый индикатор;
- стереодисплей – устройство визуального отображения информации (дисплей), позволяющее создавать у зрителя иллюзию наличия реального объема у демонстрируемых объектов и иллюзию частичного либо полного погружения в сцену за счет стереоскопического эффекта.

Система отображения информации на электронной бумаге имеет свои преимущества, т. е. сформированное изображение не мерцает, не плавает, все линии идеально четкие, такие как в книге или газете. Как следствие, электронная бумага совершенно безопасна для глаз – так же, как и обычная.

Модуль приема реакций человека. Отслеживание действий оператора тренажера – это задача датчиков, установленных на тренажере. Это так называемые устройства с обратной связью. Применяются для решения задач виртуального прототипирования и эргономического проектирования, создания различных тренажеров, дистанционного управления роботами, в том числе микро и нано, а также в системах создания виртуальных скульптур.

Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) (называемый также прямой нейронный интерфейс, или мозговой интерфейс) – система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (напри-

мер, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом) (рис. 9.7).

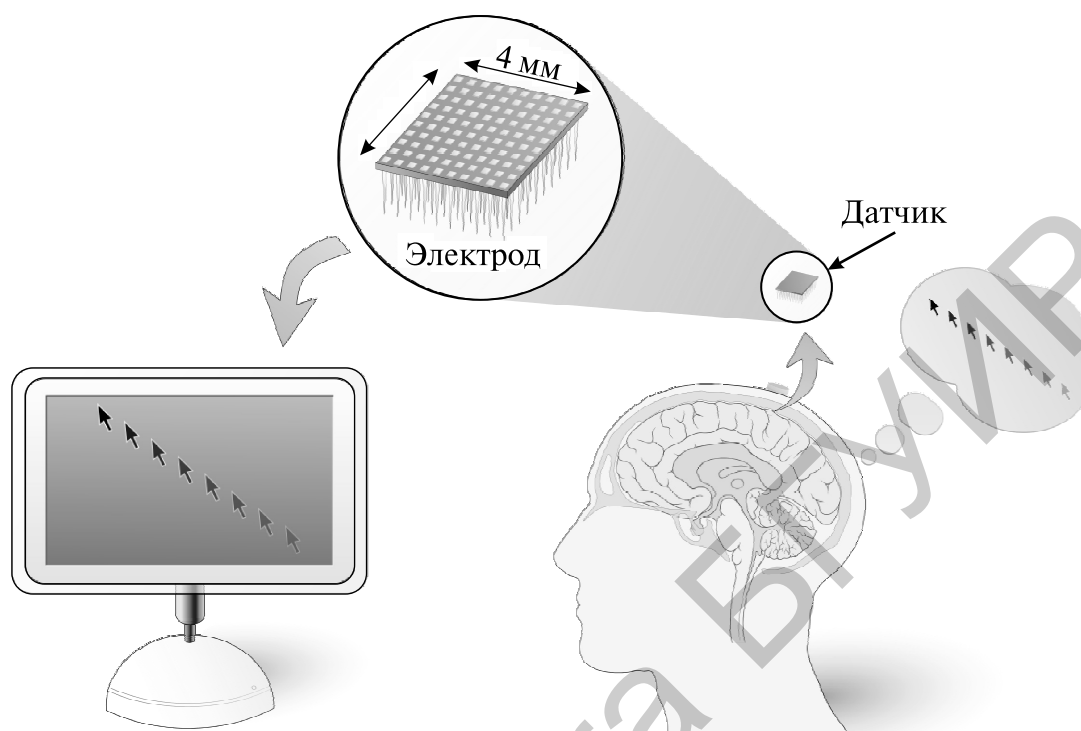


Рис. 9.7. Структурная схема НКИ

Двунаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе нейрокомпьютерного интерфейса часто используется метод биологической обратной связи.

В состав системы НКИ входят:

1) электроды для отведения биопотенциалов. Минимальное количество – 2, чаще записи производят с помощью 21, 64 и даже 128 каналов. При большом количестве электродов используют электродные шлемы для быстроты установки и увеличения точности позиционирования электродов над определенными полями мозга;

2) усилитель биопотенциалов;

3) персональный компьютер для регистрации сигналов и их обработки. Либо этот же компьютер, либо дополнительный ПК показывает испытуемому стимулы и результаты распознавания, например, вводимый текст;

4) программное обеспечение для регистрации и обработки энцефалограммы (ЭЭГ), распознавания паттернов и предъявления стимулов и результатов распознавания.

Модуль измерения ошибки человека. Для того чтобы оценить правильность выполнения поставленной задачи оператором тренажера, используются программы или модули, которые производят расчеты, анализ всех действий оператора и сравнивают его с оптимальным вариантом решения задачи, произ-

водят статистический анализ и могут выдавать информацию в виде графиков, диаграмм или таблиц.

Цель определяет то, какой стимул (S) мы предъявляем для подражания, копирования, распознавания.

Реакция (R) – есть ответ, есть отступление от эталона. Ошибка (ΔR) – это разность между эталоном и реакцией:

$$\Delta R = S - R.$$

Ошибка может быть двоякого типа в зависимости от того, что ученик совершает: измерение или распознавание.

Если ученик производит измерение, то ошибка – метрическая близость в параметрах времени реакции, сантиментов, угла поворота, близость стимула S и реакции R. Это может быть расстояние между двумя кривыми в трехмерном пространстве.

Из всех распознанных объектов необходимо узнать признаки, по которым идет плохое сравнение, из-за каких признаков идет спутывание. Именно по этим признакам целесообразно далее продолжать обучение.

Модуль хранения истории хода обучения. Вся информация, получаемая в ходе проведения обучения оператора на тренажере, записывается на модули памяти с целью дальнейшего анализа и выявления недочетов, ошибок, совершенных оператором (рис. 9.8).



Рис. 9.8. Модули памяти

Интеллектуальный модуль. Интеллектуальный модуль (ИМ) – это устройство или совокупность устройств с надлежащим программным обеспечением, создающая виртуальную среду, приближенную к реальности. В задачи ИМ входит обработка и просчет данных, получаемых от оператора тренажера в ходе прохождения обучения (рис. 9.9).

Модуль реплик. Этот модуль – отдельные программы или области программы, которые в зависимости от хода процесса обучения на тренажере выдают информацию для оператора в виде графических или звуковых сообщений. Например, при обучении на авиатренажере оператор отклонился от

заданного курса или высоты, в результате чего тренажер сообщает ему о сложившейся ситуации (рис. 9.10).

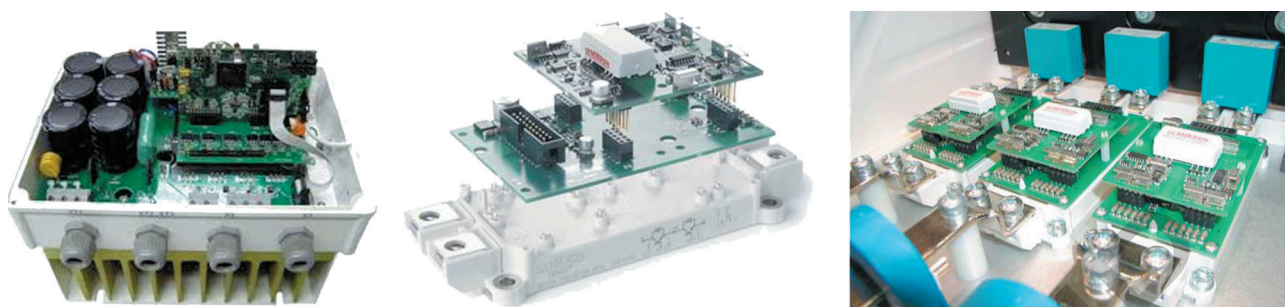


Рис. 9.9. Интеллектуальные модули



Рис. 9.10. Пример реплик в авиатренажере

Модуль реплик отвечает за процесс распознавания речи и ее воспроизведения.

Распознавание речи — процесс преобразования речевого сигнала в текстовый поток.

Системы распознавания речи используются для облегчения управления разного рода системами.

К примеру, для облегчения поиска в поисковой системе Google можно воспользоваться голосовым поиском.

Синтез речи — в широком смысле — восстановление формы речевого сигнала по его параметрам; в узком смысле — формирование речевого сигнала по печатному тексту.

Джойстик (англ. joystick — «ручка управления самолетом», дословно «палочка веселья») — устройство ввода информации, которое представляет собой качающуюся в двух плоскостях ручку. Наклоняя ручку вперед, назад, влево и вправо, пользователь может передвигать что-либо по экрану. На ручке, а также в платформе, на которой она крепится, обычно располагаются кноп-

ки и переключатели различного назначения. Помимо координатных осей X и Y , возможно также изменение координаты Z за счет вращения рукояти вокруг оси, наличия второй ручки, дополнительного колесика и т. п.

Графический планшет (от англ. graphics tablet или graphics pad, drawing tablet, digitizing tablet, digitizer – дигитайзер, диджитайзер) – это устройство для ввода рисунков от руки непосредственно в компьютер. Состоит из пера и плоского планшета, чувствительного к нажатию или близости пера.

Библиотека БГУИР

Раздел 2 ПРИКЛАДНЫЕ КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Глава 10 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА СО СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ДАННЫХ

10.1. Рабочие места проектировщика в области машиностроения с применением трехмерной визуализации данных

Развитие средств визуализации позволило сильно изменить труд специалистов в области проектирования. Если раньше в основном труд проектировщика заключался в манипуляциях с кульманом и ватманом, то сейчас это происходит в системах автоматизированного проектирования (САПР) (рис. 10.1).



a



б

Рис. 10.1. Рабочее место проектировщика до (*a*) и после (*б*) появления ЭВМ и САПР

Специфика систем автоматизированного проектирования. В основе современного автоматизированного проектирования машиностроительных изделий лежит математически точное объемное геометрическое моделирование. Системы геометрического моделирования (наиболее развитые в САД) позволяют создать информационную среду, подобную реальной среде, в которой создаются и изменяются физические модели. Они обеспечивают решение ряда проблем, связанных с использованием физических моделей в процессе проектирования (измерение, манипулирование) и позволяют рассматривать процесс проектирования как постепенную детализацию формы по мере развития идей разработчика. Кроме того, математически точные геометрические модели играют определяющую роль на всех последующих этапах жизненного цикла изделия, служат основой для оформления различной проектной документации.

Особенности 3D-моделирования. Тенденцией развития современного рынка САПР является движение в сторону 3D-моделирования на ПК.

Отличительными особенностями такого подхода являются:

- эффективность проектирования: технология считается более наглядным и интуитивным методом для создания современных все более сложных объектов;
- качество проектирования: более естественный способ визуализации проектируемого объекта позволяет снизить вероятность ошибок, особенно в случае сложных сборок;
- снижение общего времени проектирования: использование 3D-моделирования позволяет непосредственно интегрироваться со многими приложениями, сокращая лишние операции по подготовке данных;
- повышение конкурентоспособности: большая скорость и качество позволяют существенно быстрее доводить продукт до рынка, производить изменения под влиянием меняющихся рыночных запросов.

Виды 3D-моделирования:

1. **Системы параметрического моделирования** (parametric modeling). Их принцип состоит в том, что проектировщик определяет форму заданием геометрических ограничений и некоторых размерных параметров.

2. В **системах каркасного моделирования** (wireframe modeling systems) форма объекта представляется в виде набора характеризующих ее линий и узловых точек.

3. В **системах поверхностного моделирования** (surface modeling systems) математическое описание включает в себя не только сведения о ребрах и узлах, но и данные о поверхностях (рис. 10.2). Деталь, построенная методами поверхностного моделирования, представляется пустотелой оболочкой, состоящей из большого числа элементарных участков – патчей.

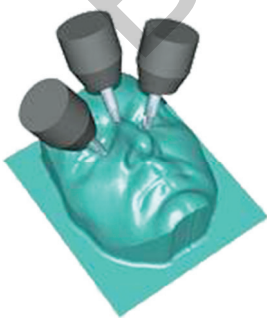


Рис. 10.2. Система поверхностного моделирования

4. **Системы твердотельного моделирования (solid modeling systems)** предназначены для работы с объектами, состоящими из замкнутого объема или монолита (solid). Твердое тело (solid-модель) характеризуется многогранным представлением и может быть отображено в виде прозрачного или непрозрачного объема. Одной из важных характеристик твердого тела является история его создания, которая включает описание всех элементов, используемых для построения тела, параметры и последовательность выполненных операций (рис. 10.3).

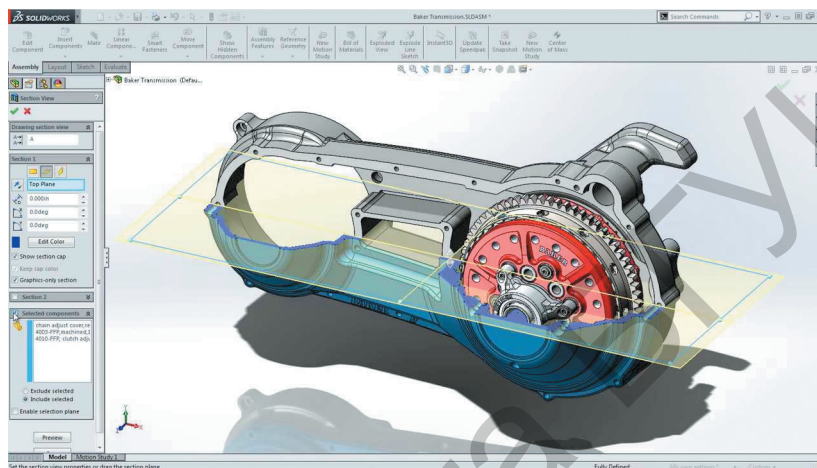


Рис. 10.3. Интерфейс системы твердотельного моделирования

5. **Гибридные (немногообразные) системы моделирования (nonmanifold modeling system)** позволяют использовать каркасные, поверхностные и твердотельные модели одновременно в одной и той же среде моделирования, расширяя диапазон доступных моделей сверх возможностей любой из упомянутых систем.

Компьютерный инженерный анализ в машиностроении. После того как в результате проектирования получены объемные модели изделий, появляется возможность дополнить данные об их геометрии некоторыми физико-механическими свойствами и попытаться исследовать модель изделия, подвергнув некоторым важнейшим тестам прямо на компьютере, не прибегая к дорогостоящему опытному изготовлению. Задав связи компонентов модели, приложив нагрузки, определив параметры кинематического воздействия и запустив расчет, можно получить данные, полностью идентичные результатам натурных испытаний системы (рис. 10.4).

Виды анализа в CAE-системах. CAE (англ. Computer-aided engineering) – общее название программ и программных пакетов, предназначенных

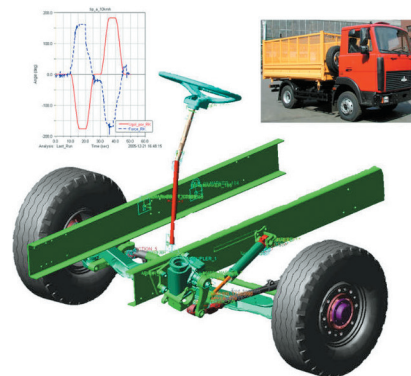


Рис. 10.4. Компьютерный инженерный анализ в машиностроении

для решения различных инженерных задач: расчетов, анализа и симуляции физических процессов. Расчетная часть пакетов чаще всего основана на вычислительных методах решения дифференциальных уравнений. Современные системы автоматизации инженерных расчетов (CAE) применяются совместно с CAD-системами (зачастую интегрируются в них, в этом случае получаются гибридные CAD/CAE-системы). CAE-системы решают следующие задачи:

- кинематический анализ;
- анализ напряженно-деформированного состояния;
- анализ тепловых процессов;
- анализ поведения изделия при столкновениях, ударах;
- определение условий потери устойчивости конструкции;
- расчет характеристик усталостных разрушений;
- анализ процессов колебаний и др.

10.2. Специфика информации о трехмерной форме машиностроительных деталей

Разработка деталей для машиностроения является трудной специальностью, которая требует глубоких профессиональных навыков, знания правил и законов построения и проектирования тех деталей и моделей, которые даются для разработки (рис. 10.5).

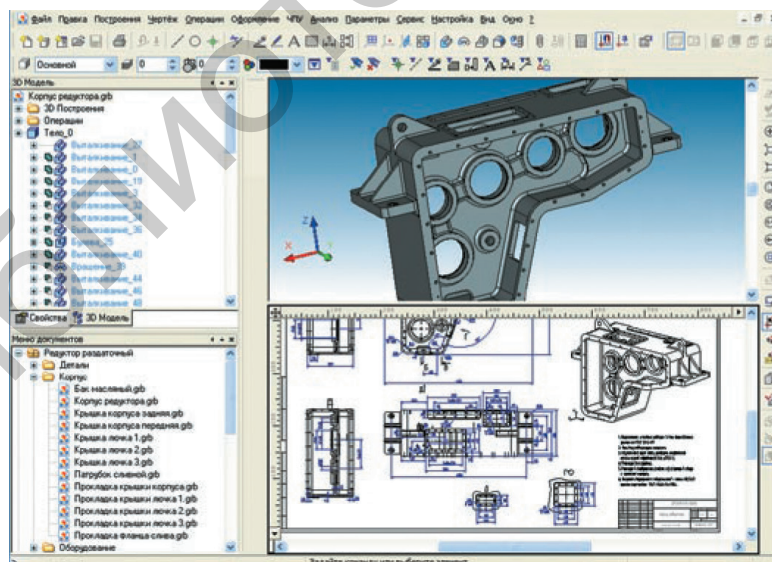


Рис. 10.5. Специфика отображения чертежа в 3D-модель

Информация об объемном изделии, которое испытывает на себе различные нагрузки в зависимости от точек приложения силы, иногда может быть представлена при помощи возможностей цвета. Например, те части сложной детали, которые подвергаются большей силовой нагрузке при эксплуатации,

могут на чертежах окрашиваться в более темные цвета и наоборот (цветная вклейка, рис. 1.4).

Базы данных о деталях и их чертежах. В качестве примера рассмотрим коммерческую базу данных АРМ WinMachine. Условно эту базу данных можно разделить на две части – информационную и графическую.

В информационной части содержатся числовые значения, характеризующие величины допусков и посадок, чистоты обработки поверхности, а также кинематические, энергетические, геометрические и другие характеристики, необходимые для функционирования расчетных модулей системы АРМ WinMachine, которые нужны для получения сведений, требующихся для принятия конструкторских решений.

В графической части базы данных размещена геометрическая и цифровая информация, позволяющая выполнить чертежи стандартных деталей, узлов, различных комплектующих. С ее помощью можно автоматизировать процедуру оформления чертежей, заполнить штамп, спецификацию и т. д.

В состав АРМ Mechanical Data входят следующие разделы:

- крепежные элементы;
- метрологические данные;
- механические передачи и их элементы;
- муфты;
- подшипники;
- пружины;
- уплотнения, смазочные материалы и устройства и т. д.

Автоматизированное проектирование станочных приспособлений предусматривает в диалоге с ЭВМ (САПР/СП) использование стандартных элементов станочных приспособлений. С этой целью в разработанной системе предусмотрены базы данных по элементам станочных приспособлений. Указанные элементы станочных приспособлений представлены в соответствующих базах данных как параметрические трехмерные модели, размеры которых можно варьировать в соответствии с решаемыми технологическими задачами.

В качестве примера представлена призма, используемая для базирования деталей тел вращения на различных станках. Выбор такого конструктивного элемента осуществляется путем задания диаметра зажимаемой заготовки и вида исполнения. При необходимости рассматриваемую деталь можно получить в трехмерном изображении и рассмотреть ее с различных ракурсов.

Для ускорения процесса проектирования приспособлений и их сборки создаются базы данных стандартных узлов. При необходимости получения чертежа применяемой в приспособлении стандартной детали вызывается диалоговое окно. Задание в диалоговом окне характерных параметров детали позволяет получить ее чертеж как на экране компьютера, так и в распечатанном виде. При необходимости рассматриваемую деталь можно получить в трехмерном изображении и рассмотреть ее с различных ракурсов. В рамках раз-

работанной системы САПР/СП представляется возможным использовать не только имеющиеся гостированные элементы приспособлений, но также создавать (генерировать) на основе прототипов другие детали, применяемые для создания нужных компоновок приспособлений.

10.3. Визуализация целого изделия и динамика его функционирования

Визуализация – один из наиболее важных процессов в компьютерной графике. Этот процесс принято обозначать термином «**рендеринг**». Как правило, программные пакеты, предназначенные для 3D-моделирования и анимации, включают в себя функцию рендеринга. Существуют также и отдельные вспомогательные программные продукты, выполняющие функцию рендеринга.

В зависимости от назначения различают:

- **пре-рендеринг** – медленный процесс визуализации, использующийся в основном при создании видео;
- **рендеринг в реальном режиме**, применяющийся в компьютерных играх вместе с использованием 3D-ускорителей.

Компьютерная программа, производящая рендеринг, называется **рендером**. Основу 3D-модели для рендеринга составляет описание любых объектов или явлений на строго определенном языке или в виде структуры данных. Такое описание может содержать геометрические данные, положение точки наблюдателя, информацию об освещении, степени наличия какого-то вещества, напряженность физического поля и пр.

Для визуализации целого изделия и динамики его функционирования разработано множество алгоритмов визуализации. Программное обеспечение может использовать несколько алгоритмов для получения конечного изображения.

Представление отдельно каждого луча света в сцене занимает весьма продолжительное время, вследствие чего было разработано четыре группы методов, более эффективных, чем моделирование всех лучей света, освещающих сцену.

Растрезация совместно с методом сканирования строк. Визуализация производится проецированием объектов сцены на экран без рассмотрения эффекта перспективы относительно наблюдателя.

Ray casting (рейкастинг). Сцена рассматривается как наблюдаемая из определенной точки. Из точки наблюдения на объекты сцены направляются лучи, с помощью которых определяется цвет пикселя на двухмерном экране. При этом лучи прекращают свое распространение (в отличие от метода обратного трассирования), когда достигают любого объекта сцены либо ее фона. Возможно использование каких-либо очень простых способов добавления оптических эффектов. Эффект перспективы получается естественным образом

в случае, когда бросаемые лучи запускаются под углом, зависящим от положения пикселя на экране и максимального угла обзора камеры.

Трассировка лучей. Из точки наблюдения на объекты сцены направляются лучи, с помощью которых определяется цвет пикселя на двухмерном экране. При этом луч не прекращает свое распространение, а разделяется на три компонента, каждый из которых вносит свой вклад в цвет пикселя на двухмерном экране: отраженный, теневой и преломленный. Количество таких разделений на компоненты определяет глубину трассирования и влияет на качество и реалистичность изображения (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Примеры трассировки лучей

Трассировка пути содержит похожий принцип трассировки распространения лучей, однако этот метод является самым приближенным к физическим законам распространения света. Он также считается самым ресурсоемким.

Передовое программное обеспечение обычно совмещает в себе несколько техник, чтобы получить достаточно качественное и фотореалистичное изображение за приемлемые затраты вычислительных ресурсов.

Реализация механизма рендеринга основывается на физической модели. Производимые вычисления относятся к той или иной физической или абстрактной модели. Основные идеи просты для понимания, но сложны для применения.

Ключом к теоретическому обоснованию моделей рендеринга служит его уравнение:

$$L_o(x, \vec{w}) = L_e(x, \vec{w}) + \int_{\Omega} f_T(x, \vec{w}', \vec{w}) L_i(x, \vec{w}') (\vec{w}' \cdot \vec{n}) dw.$$

Оно является наиболее полным формальным описанием части рендеринга, не относящейся к восприятию конечного изображения. Неформальное толкование таково: количество светового излучения (L_o), исходящего из определенной точки с координатами x, \vec{w} в определенном направлении, есть собственное излучение (L_e) и отраженное излучение. Отраженное излучение —

сумма (Ω) по всем направлениям приходящего излучения (L_i), умноженного на коэффициент отражения (f_T) из данного угла. Объединяя в одном уравнении приходящий свет с исходящим в одной точке, это уравнение составляет описание всего светового потока в заданной системе.

10.4. Трехмерная визуализация динамических аварийных сцен испытаний машин

3D-визуализация применяется в испытаниях машин во время аварий, движения на дороге и других экстремальных ситуациях с целью предотвращения реальных аварийных последствий и ситуаций (рис. 10.7).

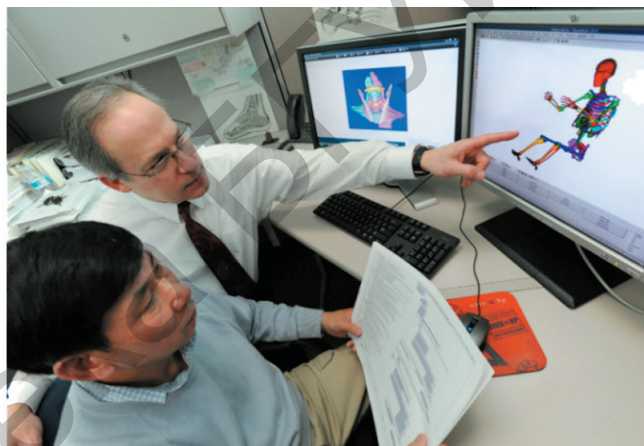
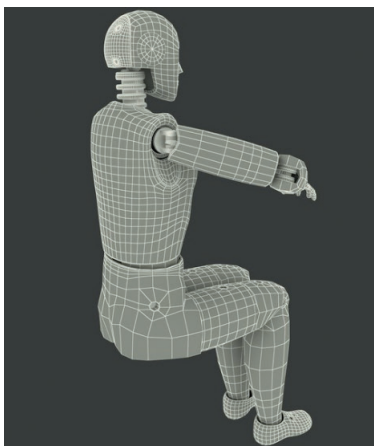


Рис. 10.7. Проектирование макета человека и обработка показаний

Краш-тест – испытание дорожных и гоночных автомобилей на безопасность (рис. 10.8). Он представляет собой умышленное воспроизведение дорожно-транспортного происшествия с целью выяснения уровня повреждений, которые могут получить его участники.

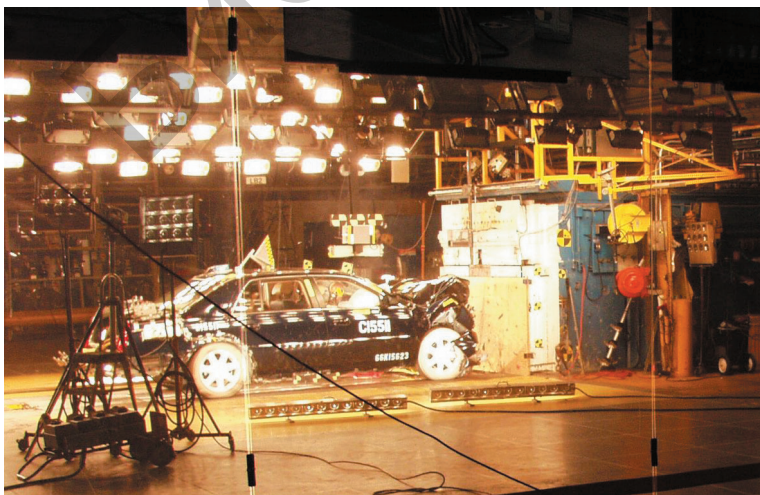


Рис. 10.8. Краш-тест

С 1966 г. для краш-теста в машину помещают манекен, оборудованный датчиками для замера повреждений. Раньше для этого использовались человеческие трупы и животные. Разгон автомобиля, как правило, осуществляют внешним мотором. Автомобиль раскрашивают специальным образом, чтобы было легче локализовать и измерить его повреждения.

Согласно современным европейским нормам за повреждения, полученные манекеном, снимаются баллы. По сумме баллов определяется степень безопасности.

Дешевый и простой для проведения – лобовой краш-тест. В нем разогнанный автомобиль направляется на бетонный блок. Столкновение автомобиля, движущегося со скоростью 100 км/ч, с бетонным блоком эквивалентно столкновению автомобиля со скоростью 200 км/ч с неподвижным автомобилем такой же массы. Сейчас принято проводить не лобовой краш-тест, а лобовой удар со смещенным центром. Видоизменилось и препятствие: из бетонного блока оно превратилось в стандартизованное подобие встречного автомобиля.

Однако испытания с готовыми изделиями дороги и не являются экономически выгодными. Для замены конечного изделия применяется его физическая модель, представленная в компьютерном виде.

Такая замена значительно удешевляет затраты на испытания, т. к. к итоговому краш-тесту будет испытано и выведено из строя намного меньше моделей.

Помимо этого, в настоящее время термин «краш-тест» можно отнести и к ноутбукам, телефонам и другим устройствам, к которым предъявлены повышенные требования к ударопрочности (рис. 10.9).



Рис. 10.9. Тест на ударопрочность

10.5. Разработка рабочего места модельера одежды и визажиста

Модельер – специалист по изготовлению моделей одежды, определяющий образ и стиль, общее конструктивное решение, изобретающий новые технологические решения, выбирающий цвет и материалы. В круг обязанностей модельера входит создание новой концепции одежды в виде эскизов, поиск конструкторского решения задуманной модели, разработка образцов новых моделей, подготовка образцов для промышленного производства (рис. 10.10).

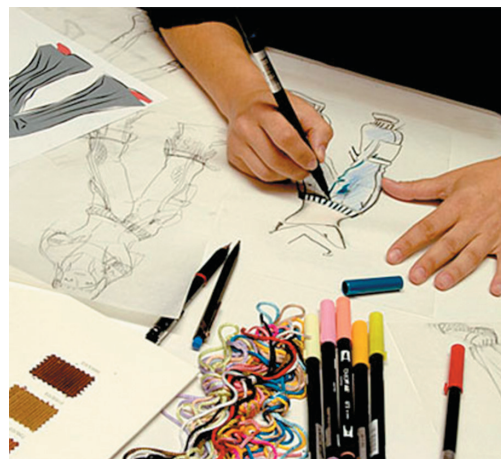


Рис. 10.10. Рабочее место модельера одежды

Для более точного определения, как будет смотреться какая-либо вещь на человеке



Рис. 10.11.

Динамический манекен
модельера одежды

с определенной фигурой, используется специальный механизм, который может менять свои габариты в зависимости от заданных величин (рис. 10.11).

Успех любого швейного производства зависит прежде всего от скорости выполнения заказов, а также от умения свести к минимуму затраты на сырье.

Раньше это было трудновыполнимой задачей, т. к. не были развиты технологии, как в настоящее время (рис. 10.12), и большинство операций приходилось делать вручную.

Рабочее пространство для наработок. Новая волна развития информационных технологий трехмерной визуализации открывает для специалистов швейного производства новые горизонты и возможности. В настоящее время модельерам в их работе помогает целый комплекс программного обеспечения, такого, как Autodesk Mudbox, Optitex, Julivi clo 3D, а также целый комплекс технических средств, таких, как компактные стереоскопические планшеты для рисования, системы автоматического проектирования, системы 3D-визуализации изделий с помощью стереоскопических дисплеев, портативные 3D-сканеры и др.



Рис. 10.12. Моделирование, проектирование и пошив одежды

Например, программные комплексы Julivi clo 3D и OptiTex позволяют автоматизировать весь процесс подготовки моделей к производству. С помощью программ комплекса можно разработать базовую основу модели с нуля, проверить ее качество на электронном 3D-манекене, также можно подобрать к модели цветовые решения и требуемый материал.

Специальный модуль Runway Designer (рис. 10.13) системы OptiTex обеспечивает возможность максимально приближенного к реальности трехмерного моделирования одежды на виртуальных манекенах различных форм и размеров. Практически любой трехмерный объект может быть использован системой в качестве манекена. Прежде всего в системе реализована уникальная возможность автоматического получения трехмерного профиля тела человека непосредственно с 3D-сканера. Это позволяет за считанные секунды получить максимально точную модель конкретного человека. Поэтому в системе предусмотрено также импортирование трехмерной модели человеческого тела, сформированной вручную в пакете 3D Studio MAX.

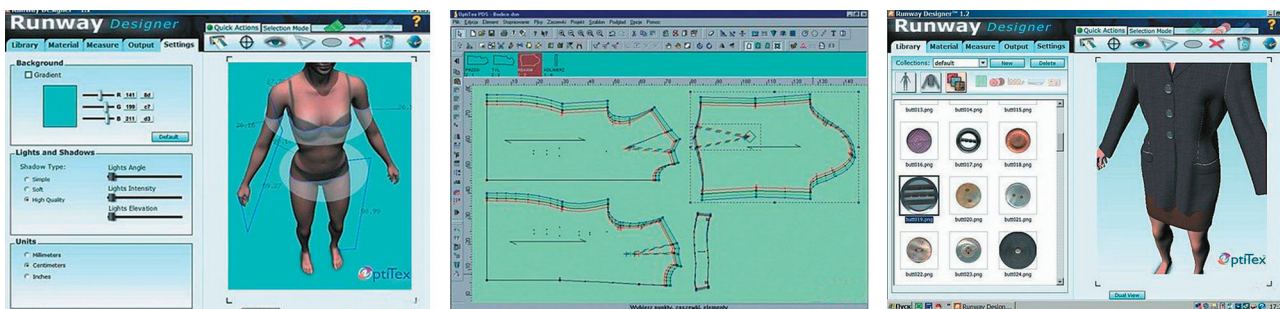


Рис. 10.13. ПО для моделирования одежды Runway Designer

Простым и эффективным способом является выбор из библиотеки типовых объектов Runway интерактивного параметрического манекена. При этом пользователь получает возможность «подогнать» стандартный манекен под необходимые габариты, варьируя более чем 40 размерными признаками, которые можно получить непосредственным обмером реального человека. При изменении значений этих размерных признаков система тут же автоматически перестроит и сам исходный манекен.

Рабочее место визажиста

Работа визажистов в наше время также не обходится без использования современных технологий (рис. 10.14).



Рис. 10.14. Рабочее место визажиста

В настоящее время активно разрабатывается и внедряется аппаратно-программный комплекс для получения 3D-изображения лица человека и автоматического подбора макияжа (рис. 10.15).

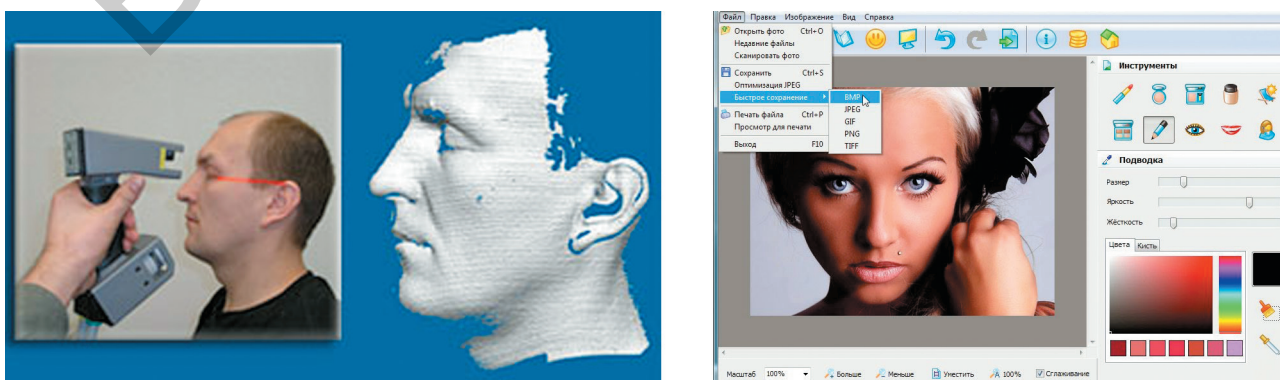


Рис. 10.15. Программные и технические средства визажистов

Программа начинает работу с трехмерного изображения вашего лица, оценивает тип кожи, тени и линии, затем сопоставляет с уже специально запрограммированными 60 моделями и выдает советы, какую косметику применить, основываясь на готовых примерах профессиональных визажистов. С помощью этих пространственных моделей программа может достаточно точно проанализировать и оценить цвет кожи, глаз, волос, а также форму лица.

10.6. Когнитивные технологии представления 3D-данных в компьютере о форме тела человека

Процедуры 3D-сканирования тела человека используют следующие отрасли:

- медицина (пластическая хирургия, ортопедия и протезирование, посттравматическое лечение и др.);
- мода (индивидуальный подбор и пошив одежды);
- медиа и дизайн (компьютерная графика для кино- и игровой индустрии, эргономика).

3D-сканирование тела человека. Онлайн-ресурс программного продукта BioDigital Human предлагает интерактивные трехмерные модели анатомии человека (рис. 10.16).

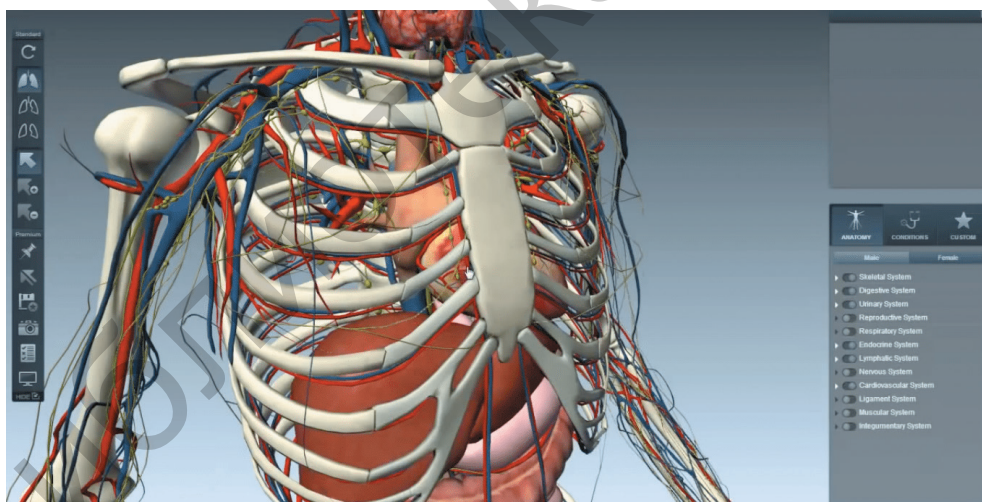


Рис. 10.16. Программная разработка BioDigital Human

Программа представляет собой 3D-платформу, которая упрощает понимание анатомии, болезни и лечения.

Интерактивные инструменты позволяют использовать ресурс не только для наглядности, но и для исследования, анализа. 3D-модели сочетаются с детальным медицинским описанием.

Существует несколько методов представления данных в компьютере о трехмерной форме тела человека, его головы и лица. Получить эти данные можно с помощью фото- и видеокамеры (данные будут представлены в виде

набора фотографий или видеофайлов), используя ручное моделирование или устройства сканирования.

Ручное моделирование происходит следующим образом: сначала делаются цифровые снимки человека, далее на основе фотографий дизайнер создает грубое изображение формы тела, а затем начинает «подгонять» форму к требуемой, добавляя детали. После этого мастером накладываются текстуры и настраиваются параметры модели материала.

Этот процесс моделирования используется довольно часто в силу своей относительной технологической простоты. К недостаткам можно отнести чрезмерную трудоемкость и неточность воспроизведения деталей модели.

Метод автоматического моделирования заключается в том, что с помощью специальных программных алгоритмов реконструируется трехмерный объект (его форма и свойства) по набору фотографий или видеороликов. Однако задача автоматической реконструкции столь сложна, что даже самые современные алгоритмы компьютерного зрения работают только в ограниченных случаях и достаточно неустойчиво. Тем не менее методы компьютерного зрения находят свое применение на практике, особенно в совокупности с ручным моделированием.

Наиболее распространено использование 3D-сканеров.

3D-сканер – система трехмерного сканирования фигуры человека для получения полной информации о поверхности тела или манекена.

Реалистичность и точность последних образцов сканеров позволяют представить фигуру человека в трехмерном пространстве в отличном качестве, где 3D-сканированный образ может принимать на экране любые позы и имитировать все виды движений тела с помощью средств симуляции в реальном времени.

Лазерные триангуляционные сканеры имеют лазерный излучатель и детектор, разнесенные на определенное, жестко зафиксированное расстояние, так что между излучателем, приемником и точкой на поверхности сканируемого объекта образуется треугольник с частично известными характеристиками (рис. 10.17).



Рис. 10.17. Активное лазерное сканирование

Эти сканеры представляют собой разнообразные видеокамеры, которые снимают объект в условиях различной освещенности. При этом объект освещается определенным «узором» (сеткой), по искажениям которой камера-детектор формирует поверхность 3D-фигуры (рис. 10.18).

Понятие антропометрических точек на теле человека. Антропометрия представляет собой академическую теорию и научную практику измерений человеческого тела по определенным, так называемым «реперным», или антропометрическим точкам.

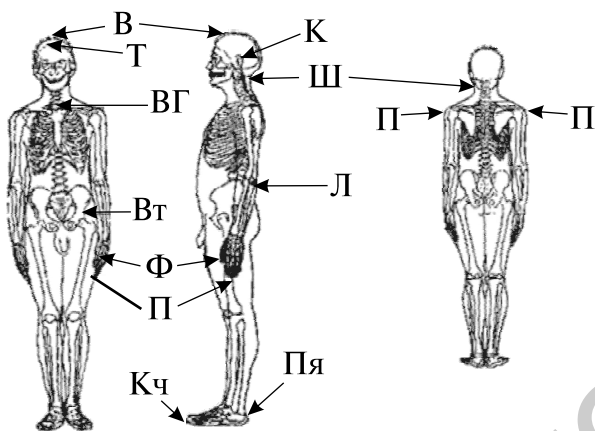


Рис. 10.19. Основные антропометрические точки

- верхнегрудинная (ВГ) — точка на верхнем крае яремной вырезки грудины;
- плечевая (П) — наиболее выступающая кнаружи точка на крае акромиального отростка лопатки;
- лучевая (Л) — верхняя точка головки лучевой кости;
- фаланговая (Ф) — верхняя точка основания первой фаланги третьего пальца с тыльной поверхности;
- пальцевая (П) — самая дальняя точка на мякоти ногтевой фаланги третьего пальца;
- вертельная (ВТ) — самая верхняя, наиболее выступающая кнаружи точка большого вертела бедра;
- пяточная (Пя) — наиболее выдающаяся сзади точка пятки;
- конечная (Кч) — наиболее выступающая вперед точка стопы, лежащая на конечной мякоти первого (или второго) пальца.

На голове (рис. 10.20):

- верхушечная (vertex (v)) — наиболее высоко расположенная точка головы (при установке головы в глазнично-ушной горизонтали);
- козелковая (tragion (t)) — точка над верхним краем козелка уха, лежащая на пересечении двух касательных, проведенных к верхнему и переднему краю козелка;

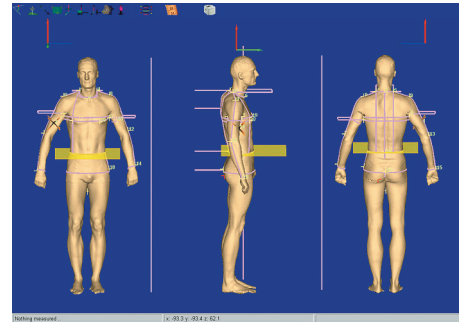


Рис. 10.18. Пассивные сканеры, использующие структурированную подсветку

Антропометрические точки являются строго ограниченными участками, которые хорошо прощупываются на костных образованиях сквозь мягкие ткани или находятся на поверхности тела (рис. 10.19).

По расстоянию между антропометрическими точками можно судить об общих и парциальных размерах тела.

На туловище:

- шейная (Ш) — точка на вершине остистого отростка седьмого шейного позвонка;

- глабелла (glabella (g)) – наиболее выступающая вперед точка между бровями в медиально-сагиттальной плоскости;

- офрион (ophryon (op)) – надглабеллярная точка;

- трихион (trichion (tr)) – точка на лбу, лежащая на пересечении срединной плоскости с линией роста волос;

- теменная (europyon (eu)) – наиболее выступающая кнаружи точка боковой стенки головы. Правая и левая теменные точки находятся путем измерения наибольшей ширины головы;

- затылочная (opisthocranium (op)) – наиболее выступающая назад (наиболее удаленная от глабеллы) точка на затылке в медиально-сагиттальной плоскости;

- верхненокосовая (nasion (n)) – точка, лежащая в медиально-сагиттальной плоскости на уровне носолобного шва;

- селлион (sellion (se)) – наиболее глубокая точка переносицы;

- поднососовая (subnasale (sn)) – задняя точка нижнего края носовой перегородки;

- губная верхняя (labrale superius (ls)) – точка верхней губы, лежащая на пересечении срединной плоскости с границей кожной и слизистой частей губы;

- губная нижняя (labrale inferius (li)) – то же расположение, но на нижней губе;

- ротовая (stomion (sto)) – срединная точка ротовой щели;

- подбородочная (gnathion (gn)) – самая нижняя точка подбородка в медиально-сагиттальной плоскости;

- скуловая (zygion (zy)) – наиболее выступающая кнаружи точка скуловой дуги. Определяется путем измерения наибольшей ширины лица;

- нижнечелюстная (gonion (go)) – наиболее выступающая кнаружи точка на углу нижней челюсти.

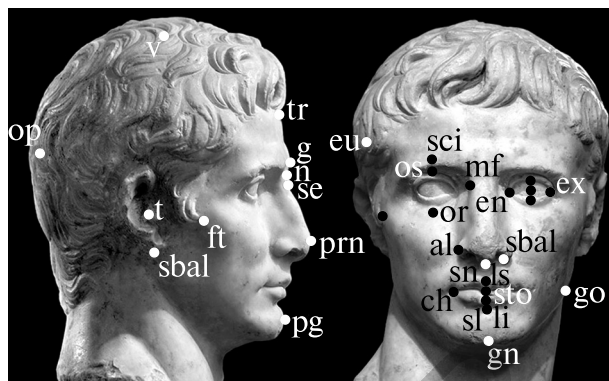


Рис. 10.20. Основные антропометрические точки на голове

Во многих сферах деятельности для представления в компьютере данных о трехмерной форме тела человека, его головы и лица, широко применяются программные пакеты Autodesk 3Ds Max, REALVIZ ImageModeler, VirtualGrid VRMesh. Это полнофункциональные профессиональные программные системы для создания и редактирования трехмерной графики и анимации. Они располагают обширными средствами для создания и редактирования разнообразных по форме и сложности трехмерных компьютерных моделей, реальных или фантастических объектов окружающего мира с использованием разнообразных техник и механизмов.

Глава 11

ТРЕНАЖЕРЫ И МАНИПУЛЯТОРЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ

11.1. Применение систем виртуальной реальности в медицине

Современный этап компьютеризации связан с созданием специализированных систем, предназначенных для профессионалов, работающих в области медицины. Именно для медиков различных специальностей в настоящее время разрабатываются компьютерные системы разного уровня: от сравнительно простых демонстрационных систем до высокоуровневых экспертных «систем-ассистентов», служащих для помощи хирургам во время сложных операций.

Медицинские тренажеры (МТ) – это оборудование для профессиональной подготовки специалистов. Оно предназначено для формирования и усовершенствования навыков и умений у обучающихся. Обучение проходит в виде многократного выполнения определенных действий (рис. 11.1–11.3).



Рис. 11.1. Симулятор для отработки практических навыков проведения операции артроскопии коленного сустава

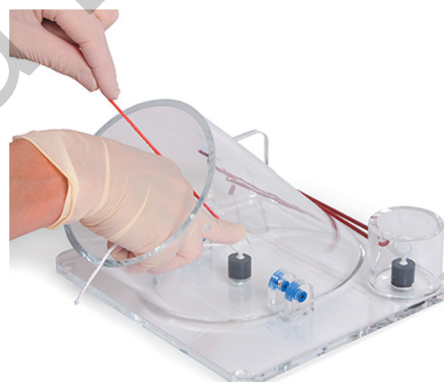


Рис. 11.2. Учебная модель демонстрации вязания хирургических узлов

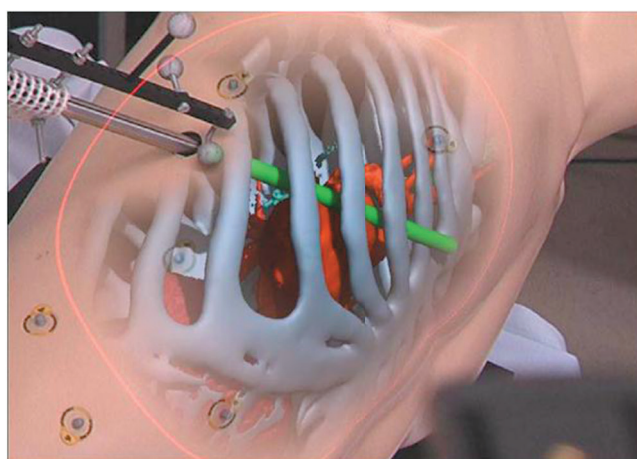


Рис. 11.3. Медицинские тренажеры

Студенты-медики используют технологию для операций в контролируемой среде. С помощью 3D-визуализации можно наблюдать комплексные медицинские состояния пациента. Дополненная реальность поможет снизить риск операции, давая хирургу улучшение чувственного восприятия. Эта технология может быть объединена с МРТ или рентгеновскими системами, что сделает доступным для хирурга просмотр всех данных в одном окне. Системы виртуальной реальности могут быть эффективно использованы в медицине. Восприятие врачом трехмерной информации о пациенте (трехмерные данные томографов, рентгеновских аппаратов, УЗИ и т. д.) позволяют значительно упростить работу медикам. Интерактивные модели и реконструкция органов позволяют совершать удаленные операции, проектировать хирургическое вмешательство, создавать проекты частей органов, протезов, зубов. Создание тренажеров-симуляторов на базе технологий виртуальной реальности позволяет существенно улучшить качество обучения врачей, сократить затраты на него и снизить количество врачебных ошибок.

Создание виртуальной модели начинается с получения совокупности плоских снимков компьютерной томографии. Совокупность плоских изображений конвертируется в непрерывную трехмерную модель. Мощные вычислительные ресурсы компьютера представляют эту информацию в виде интерактивной модели с возможностью «пролета» над поверхностями того или иного канала и регистрацией возможных отклонений от нормы (рис. 11.4).



Рис. 11.4. Приложение для обработки диагностической информации

Виртуальные анатомические атласы представляют различные органы и системы среднестатистических мужчин и женщин. Компьютер может воссоздать не только внешние, но и механические параметры органов. Принципи-

альное отличие виртуальной анатомии состоит в том, что наблюдатель может быть помещен в любую точку как вне, так и внутри организма (рис. 11.5).

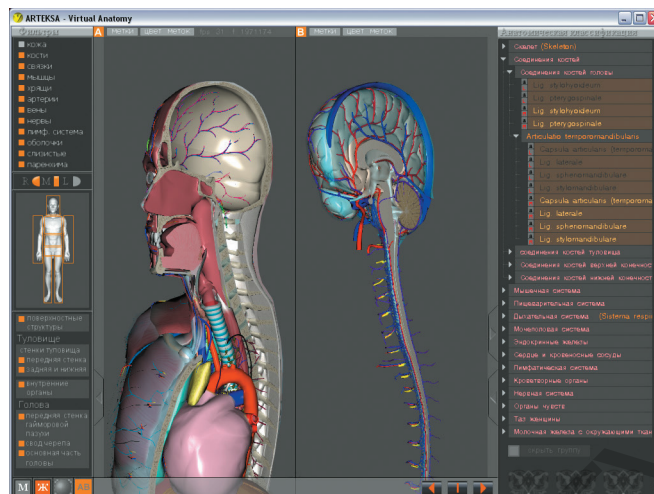


Рис. 11.5. Виртуальный анатомический атлас



Рис. 11.6. Работа хирургов по планированию операции

Планирование операции. Используя электромагнитные, пневматические и гидравлические системы, возможно моделирование виртуального скальпеля или другого инструмента с помощью систем управления и трекинга (например, виртуальной перчатки и системы, модулирующей тактильные ощущения) (рис. 11.6).

11.2. Использование роботов-манипуляторов в медицине

Роботов классифицируют по степени участия человека в управлении и по типу решаемых задач. Таким образом можно выделить:

- 1) манипуляционные механические приспособления-роботы;
- 2) автоматические (включая хирургические системы-роботы):
 - с фиксируемыми программами;
 - распрограммируемые;
 - адаптивные;
 - обладающие разумом;
- 3) роботы с дистанционным управлением:
 - непосредственно управляемые человеком;
 - работающие в режиме master-slave (копирующие действия человека);
 - полуавтоматические;
- 4) роботы с ручным управлением, с голосовой активацией:
 - сбалансированные;
 - экзоскелетные;

- 5) мобильные системы-роботы (микророботы-эндоскопы);
- 6) информационные и управляющие системы-роботы;
- 7) роботы-фармацевты.

Задача робота-фармацевта заключается в приготовлении и распределении лекарств сотен наименований. Работает круглосуточно, практически не делает перерывов и при этом совершенно не ошибается. Коэффициент точности работы – 99,7 %, а это значит, что сортировка и дозировка прописанных препаратов никогда не отличается от тех, что указаны в рецептах врачей. Робот-фармацевт никогда не отправит больному лекарство с истекшим сроком годности. Залогом его точности являются заложенные в электронный мозг машины государственные стандарты контроля качества (рис. 11.7).

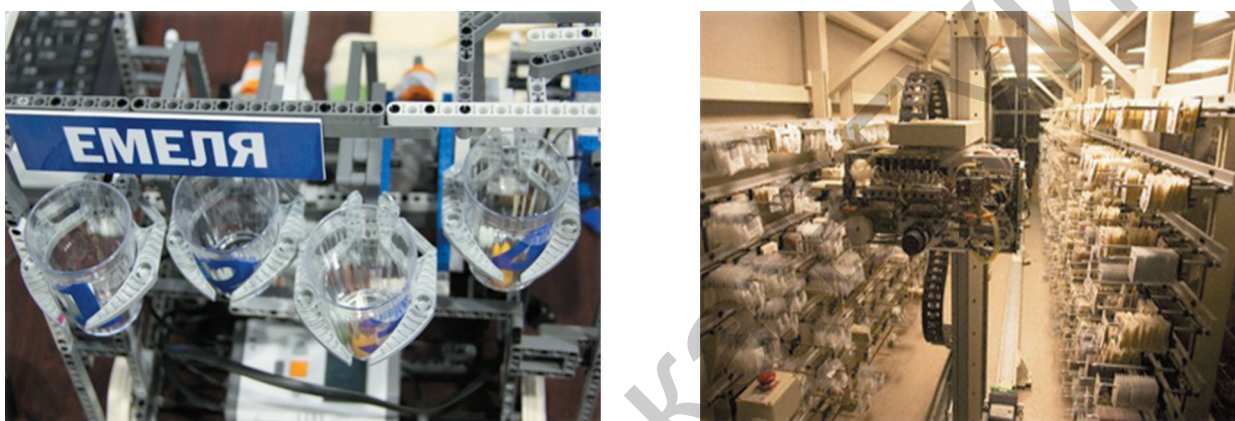


Рис. 11.7. Робот-фармацевт

Робот-нянька используется для обучения персонала, помощи пациентам с проблемами передвижения, общения пациентов с детьми (рис. 11.8).

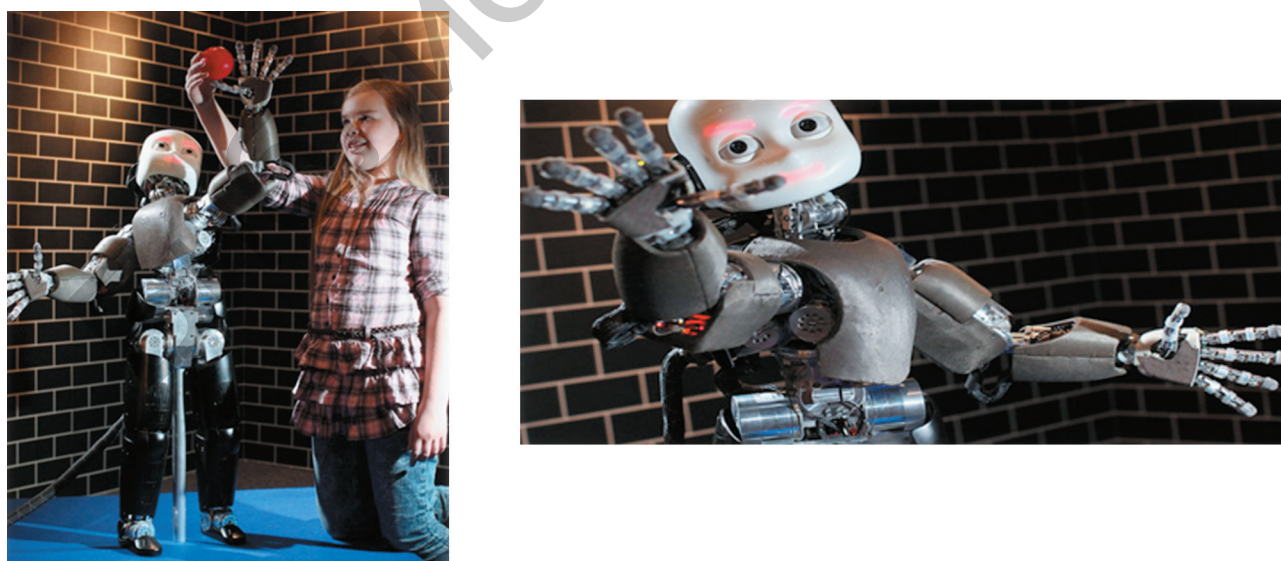


Рис. 11.8. Робот-нянька

Робот-физиотерапевт. В основном роботы-физиотерапевты помогают людям, которые перенесли инсульт, заново ходить, сидеть, двигать конечностями (рис. 11.9).

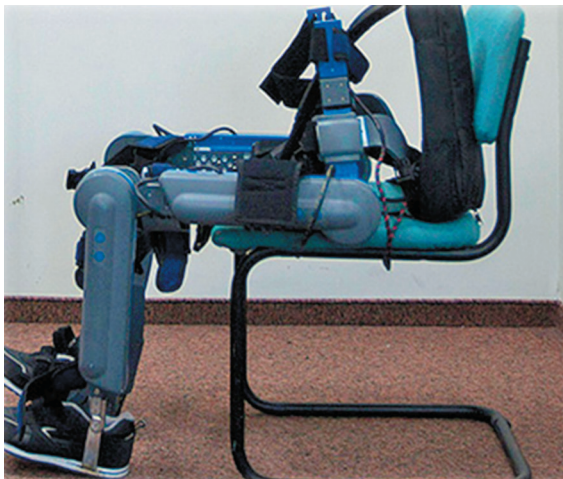


Рис. 11.9. Робот-физиотерапевт

В отличие от человека робот может совершать одни и те же движения тысячи раз и не устать.

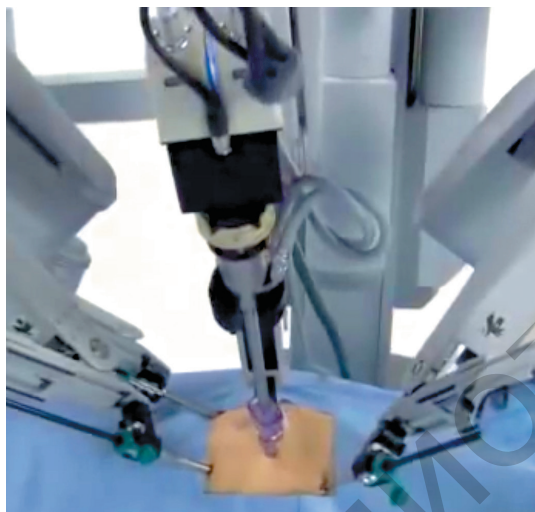


Рис. 11.10. Робот-хирург

Робот-хирург. Во время операции с хирургическим комплексом Da-Vinci хирург находится за пару метров от операционного стола за компьютером, на мониторе которого представлено трехмерное изображение оперируемого органа. Врач управляет тонкими хирургическими инструментами, проникающими в тело пациента сквозь небольшие отверстия. Такие инструменты с дистанционным управлением можно использовать для точных операций на небольших и труднодоступных участках тела (рис. 11.10).

11.3. Биоинженерные технологии: хирургическая система Da-Vinci, Raven II

Последние достижения в области информационных технологий позволяют создавать трех- или даже четырехмерные (добавляются еще измерение во времени) компьютерные модели для изучения хирургической анатомии или для воссоздания техники хирургического вмешательства (рис. 11.11).

Новые науки, такие как высокопродуктивные компьютерные сред-



Рис. 11.11. Моделирование медицинского робота

ства сообщения, interface-технология и виртуальная реальность, в настоящее время предлагают новые мощные средства обучения.

Технологическое развитие значительно облегчает жизнь и работу врачам. Сегодня можно проводить безопасное обучение будущих специалистов благодаря медицинским тренажерам.

Малоинвазивные оперативные вмешательства совершили в общей хирургии настоящую революцию. С 1985 г., когда была выполнена первая лапароскопическая холецистэктомия, интерес хирургов к малоинвазивным операциям неизмеримо возрос и почти каждую операцию на органах брюшной и грудной полостей они пытались выполнить с помощью эндоскопической техники. Сегодня современные хирургические инструменты создаются именно для выполнения малоинвазивных операций.

Интеграция развития компьютерных технологий и роботов в создании эргономичных хирургических инструментов для эндоскопических операций в ближайшем будущем получит широкое развитие в общей хирургии.

Поскольку лапароскопические и торакокопические операции достаточно сложны, большая часть разработок и достижений в этой области была сфокусирована на манипуляциях, выполняемых роботами. Robotами, выполняющими манипуляции, руководят операторы в режиме master-slave (режим копирования движений). Такая методика позволяет хирургу проникать в полости человеческого организма через небольшие отверстия портов и выполнять различные манипуляции внутри этих полостей, используя лапароскопическую камеру, со значительно большей скоростью, чем в традиционной хирургии.

В настоящее время в этой области имеются основные работающие системы. Эффективной является «Зеленая телекоммуникационная хирургическая система», которая позволяет хирургу проводить операцию, находясь на определенном расстоянии от пациента, а также выполнять практически любую операцию на органах брюшной полости с достаточно высокой сенсорной обратной связью. При этом создается почти полная иллюзия того, что руки и инструменты хирурга находятся в брюшной полости пациента. Эта система снабжена стереоскопической видеокамерой, стереофоническими микрофонами и высокоточными и очень быстрыми роботами-манипуляторами. Хирург при этом выполняет операцию в специально оборудованном месте, которое расположено на определенном удалении от пациента.

Представителем такой технологии роботов является Raven II – робот-хирург, разработанный лабораториями США и построенный на базе ROS (рис. 11.12).

Эта модель была разработана учеными из Вашингтонского (University of Washington) и Калифорнийского уни-

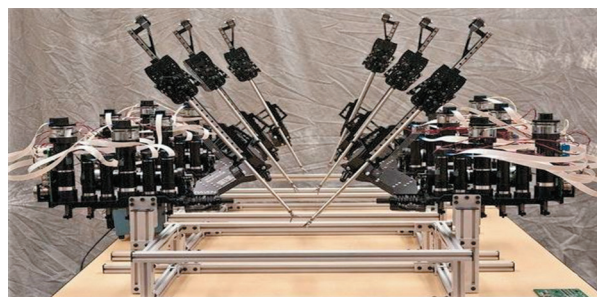


Рис. 11.12. Raven II

верситетов в Санта-Круз (University of California, Santa Cruz). Робот Raven II работает на базе открытого исходного кода, т. е. его можно программировать на выполнение разнообразных операций. Это, в свою очередь, позволит области роботизированной хирургии развиваться и открывать новые возможности помощи пациентам.

Сам по себе Raven II – это хирургический робот с семью степенями подвижности, компактной электроникой и двумя робо-руками, похожими на крылья. У каждой из них на конце – крепление для удержания хирургических инструментов. Модель Raven II предназначена для выполнения «операций» на искусственных пациентах, муляжах. ПО, интегрированное в этого робота, совместимо с Robot Operating System, платформой для кодирования роботов с открытым исходным кодом.

Роботизированный хирургический комплекс Da-Vinci. Робот-хирург Da-Vinci (Vinci Surgical System) – аппарат для проведения хирургических операций (рис. 11.13).

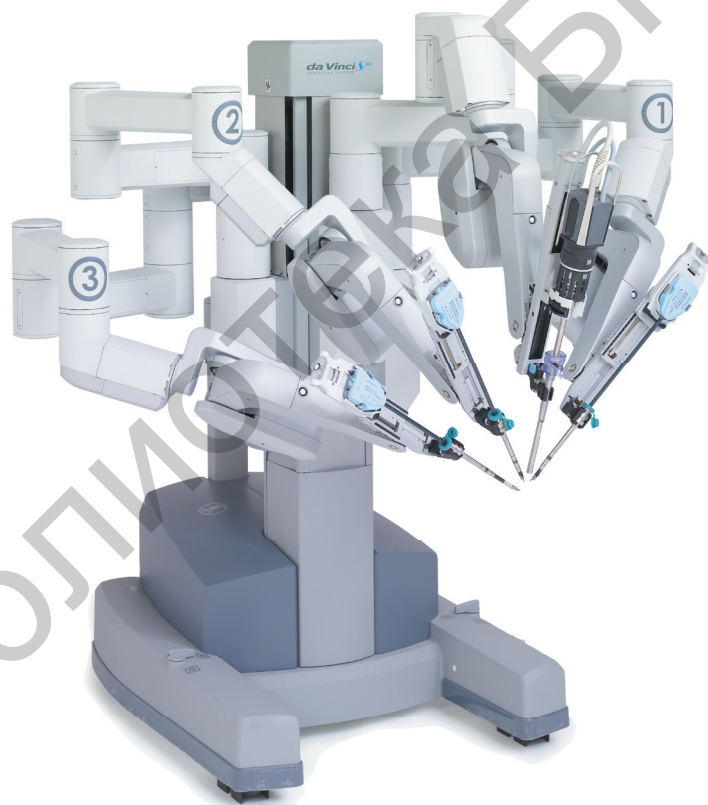


Рис. 11.13. Роботизированный хирургический комплекс Da-Vinci

Производится серийно компанией Intuitive Surgical. Состоит из двух блоков, один предназначен для оператора, а второй – четырехрукий автомат – выполняет роль хирурга. Масса аппарата – полтонны.

Медицинская визуализация – раздел медицинской диагностики, занимающийся неинвазивным исследованием организма человека при помощи физических методов с целью получения изображения внутренних структур.

Создание изображений внутренних и наружных органов, анатомического строения и функций человеческого тела является фундаментальным для медицинской науки.

Диагностика заболеваний, лечение и управление медицинскими процедурами опираются на данные, получаемые медицинской визуализацией.

Важную роль в диагностике практической медицины, а также в научно-экспериментальных исследованиях играют методы получения изображений внутренних органов человека, такие как компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика.

Применение 3D-анимации возможно для следующих специфических направлений в медицине:

- создание анимации физиологических процессов;
- использование 3D-анимации в качестве учебного материала;
- 3D-моделирование человеческих органов для их изучения (рис. 11.14);
- использование динамических 3D-моделей для презентаций новых препаратов.



Рис. 11.14. 3D-модель части скелета человека с внутренними органами

11.4. Информационные когнитивные технологии трехмерной визуализации медицинских данных

Когнитивные технологии трехмерной визуализации все более интенсивно применяются для разработки и создания прототипов медицинского оборудования в следующих областях:

- программировании микроконтроллеров, заменяющих старое громоздкое медицинское оборудование;
- проектировании и разработке автоматических систем управления устройствами медицинского назначения;
- визуализации медицинских данных;
- трехмерной реконструкции и анализе данных КТ исследования;
- предоперационном моделировании.

Создание интерактивных обучающих программ с использованием трехмерной компьютерной графики включает в себя (рис. 11.15):

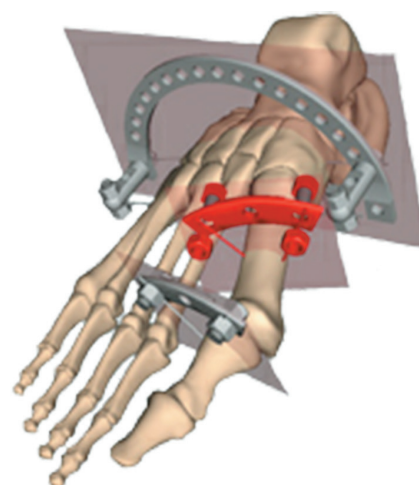


Рис. 11.15. Кисть человека в интерактивной обучающей программе, 3D-графика



Рис. 11.16. Велотренажер «КиберVELO»

1) настройку и анимацию компьютерных моделей посредством моделирования низко- и высокополигональной трехмерной графики (3Ds Max, ZBrush);

2) создание развертки (маппинг) и текстуры для трехмерных моделей с векторной и растровой графикой;

3) разработку и создание программного обеспечения в области визуализации научных и медицинских данных средствами интерактивной трехмерной компьютерной графики.

Аппаратно-программный комплекс «КиберVELO» – это велотренажер, интегрированный с виртуальной реальностью (рис. 11.16). Имеет возможность использовать интерактивные обучающие программы для реабилитации пациентов.

Иновационность проекта заключается в разработке как кибернетического велосипеда, так и виртуальных миров, с которыми он взаимодействует.

Компьютерный анализ аналоговых рентгенологических изображений. Одним из примеров визуализации данных и биомоделирования является получение трехмерного рельефа оптического изображения – рентгенограмм. Оптический рельеф на данном этапе удлинения демонстрирует явное снижение оптической плотности регенерата в сравнении с участками материнской кости (рис. 11.17).

В Центре визуализации города Норчепинга (Norrköping Visualization Center) уче-



Рис. 11.18. Фрагмент 3D-модели человека

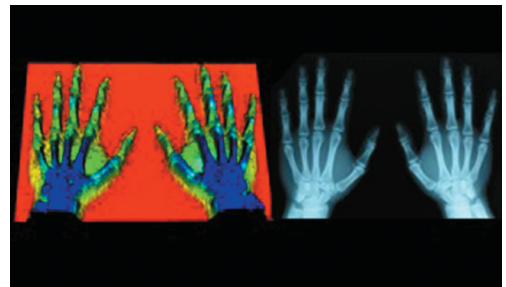


Рис. 11.17. Трехмерный рельеф кистей рук

ные разработали интерактивную трехмерную систему 3D Virtual Autopsy Table, предназначенную для обследования пациентов и проведения аутопсии (вскрытия) без единого прикосновения к телу. Поставить диагноз или определить причину смерти врач или патологоанатом могут и на расстоянии, вооружившись multitouch-дисплеем и виртуальным скальпелем.

Тело человека помещается на диагностический стол под сканирующее устройство. Затем всего за 20 с полученные данные преобразуются компьютером в виртуальную 3D-модель конкретного человека. Изображение подается на большой multitouch-дисплей, и тело можно «потрогать», поворачивая его под разными углами (рис. 11.18).

Трехмерная визуализация удаленного обследования пациентов

Хирург в ходе лапароскопической операции смотрит на монитор и следит по нему за своими движениями (рис. 11.19). Такие возможности, предоставляемые когнитивными технологиями, позволяют проводить операции врачам, находящимся в клиниках, с пациентами, которые находятся в других регионах (рис. 11.20–11.21).



Рис. 11.19. Примеры лапароскопических операций



Рис. 11.20. Проведение удаленной операции



Рис. 11.21. Проведение роботизированной хирургической операции

4D-формат — это продолжение уже известного 3D-формата. 4D-изображение — объемное изображение, выходящее за пределы экрана, которое формируется и за счет таких спецэффектов, как распространение запахов, движения и звука.

Ученые из университета в Калгари создали первую в мире завершенную объектно-ориентированную виртуальную модель человеческого тела. Команда, в которую входят программисты, биологи, математики и дизайнеры, работала над созданием модели более шести лет. Своей целью она ставила разработку самого подробного анатомического атласа среди существующих.

Этот четырехмерный атлас человеческого организма, названный CAVEman, позволит исследователям буквально попасть внутрь своих экс-

периментов при помощи перевода медицинской и геномной информации в четырехмерный формат (рис. 11.22).

Новое изобретение является настоящим прорывом в области медицинской информатики и системной анатомии. В ближайшее время CAVEman станет незаменимым инструментом как для обучения молодых специалистов, так и для опытных врачей, исследующих новые пути планирования хирургических операций. Компьютерное изображение человека строится на основе магниторезонансной томографии и охватывает более 3 тыс. изменяющихся во времени различных частей организма.

CAVEman находится в специальной комнате, где его четырехмерное изображение создается при помощи проекции от трех стен и пола. Анатомический атлас в формате 4D создан на основе информации, полученной из учебников по анатомии, и представляет собой тело человека, увеличенное в десятикратном масштабе.

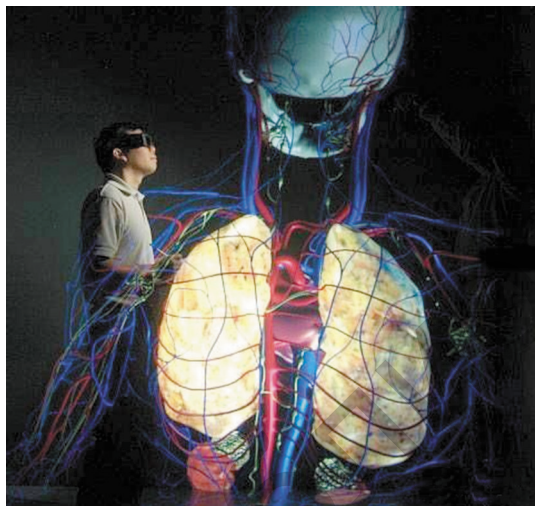


Рис. 11.23. Четырехмерное изображение человека, созданное при помощи проекции от трех стен и пола, увеличенное в 10 раз

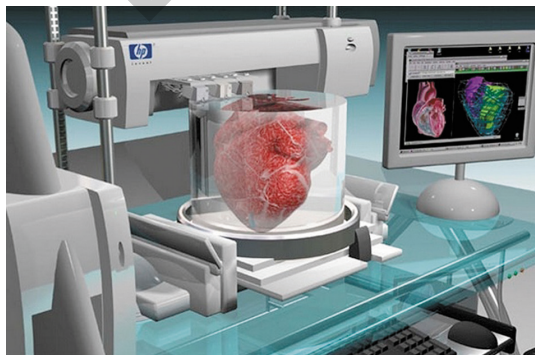


Рис. 11.24. Модель 3D-принтера



Рис. 11.22. Макет CAVEman – виртуальный 4D-человек

CAVEman полностью повторяет структуру человеческого тела, причем любую его деталь можно при необходимости увеличить и представить в удобном ракурсе. Основные системы и органы для видеоатласа преобразованы в анимированные трехмерные модели компьютерными художниками (рис. 11.23).

При помощи новой технологии ученым удастся более точно изучить природу многих заболеваний, а также более тщательно смоделировать методы их лечения.

Печать органов

С помощью сканера и устройства, позволяющего воспроизводить ткани человеческого организма, в течение нескольких часов можно будет изготавливать модели внутренних органов (рис. 11.24).

Биопринтер – потенциальный поставщик органов для трансплантации (рис. 11.25).

Система включает 3D-принтер, сконструированный из обычного бытового прин-

тера, и клетки ткани, выращенные на основе небольших образцов из организма пациента. Поврежденный участок тела или орган сканируется с помощью компьютерной томографии и служит моделью для воссоздания реального органа, который печатается слой за слоем.

В настоящее время разрабатываются специальные «чернила» для 3D-принтера, которые сразу будут содержать смесь синтетических полимеров и биомолекул.

Вторым шагом будет покрытие внутренних стенок искусственных сосудов эндотелиальными клетками, которые обеспечат беспрепятственный ток крови точно так же, как и в естественных сосудах человека (рис. 11.26).



Рис. 11.25. Биопринтер



Рис. 11.26. Напечатанная искусственная кожа

Пока органы, созданные на основе биополимеров, непригодны для трансплантации, но уже могут служить образцами для медицинских опытов.

УЗИ 3D — это относительно новое, объемное (трехмерное) и в цвете отражение процесса сканирования на экране монитора. При этом оно точно передает все мельчайшие детали внешности ребенка. Это позволяет врачу с достаточно большой достоверностью диагностировать отсутствие (или наличие) внешних пороков развития, определить пол ребенка (в двухмерном режиме это сделать гораздо сложнее). Особенно информативно УЗИ 3D при многоплодной беременности, позволяя следить за внутриутробным развитием всех малышей. Оптимальным временем для проведения этого исследования является второй триместр (рис. 11.27).

Главная ценность такого исследования — максимальная точность информации о здоровье ребенка. Уровень аппаратуры таков, что работая в том и другом режимах — 3D- и 2D-диагностики, позволяет выявить «незамеченные» другими аппаратами пороки развития. А это очень важно для здоровья будущего ребенка, в некоторых случаях — это вопрос жизни.

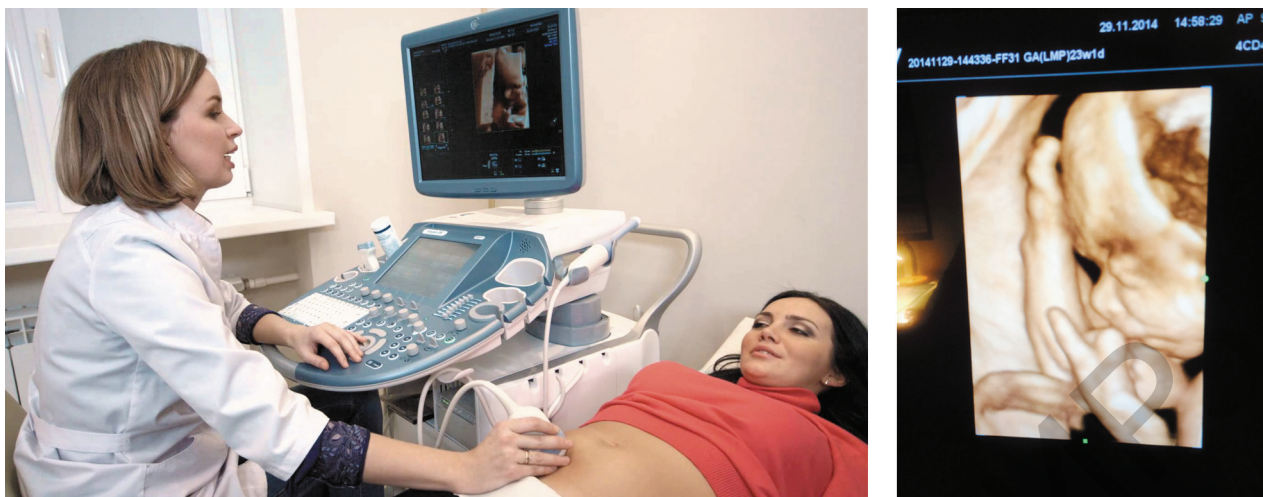


Рис. 11.27. Пример УЗИ 3D

Технология сканирования мягкости биологических объектов

Технология под названием «Эластография сдвиговой волны» позволяет проводить количественную оценку жесткости (эластичности) тканей. Новая методика объективна, независима от оператора, производящего исследование и воспроизводима в руках другого специалиста.

Компания Mindray является одной из немногих компаний в мире, которая разработала и предлагает функцию эластографии на производимой диагностической ультразвуковой системе Mindray DC-8. Причем применять эту методику диагностики значительно проще, чем на других системах, т. к. не требуется никаких дополнительных приспособлений для работы.

Оптическая визуализация в стоматологии. Основные типы систем оптической визуализации (рис. 11.28–11.29):

1. **Интраоральная камера**, совместимая с персональным компьютером.
2. **Система экстраоральной «косметической симуляции»** использует фотокамеру, совместимую с компьютером, для получения 2D-изображения лица или его частей.

3. **Комбинация экстра- и интраоральных визуализаторов** в единой системе. Первая и третья системы обладают возможностью лишь документально фиксировать исходную ситуацию. Только вторая система обладает возможностями организовать диалог с пациентом. Стоматолог может показать пациенту, насколько он может улучшить его внешний вид, а пациент может предметно показать, что он хочет получить.



Рис. 11.28. Модели зубов

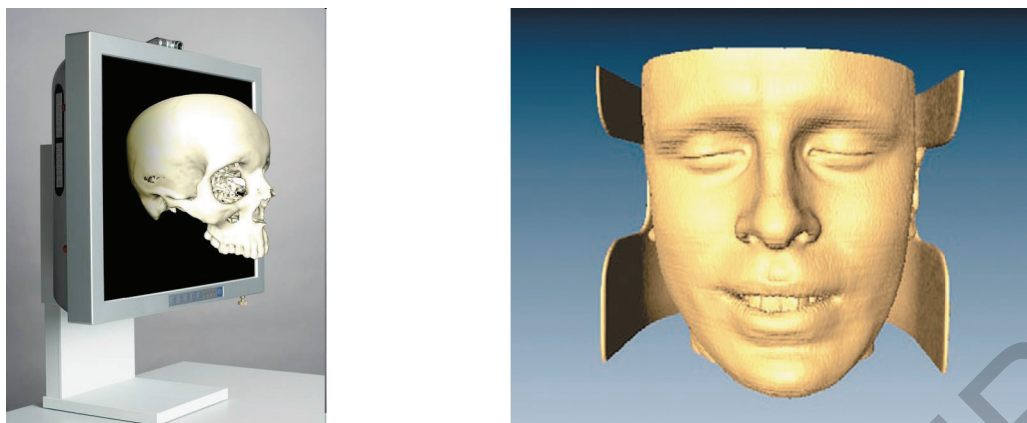


Рис. 11.29. Модель лица человека

В стоматологии широкое распространение получили системы трехмерного сканирования зубных рядов. Кроме того, для построения трехмерных изображений широко используют компьютерную томографию (способ, заключающийся в получении послойных «срезов» тканей и последующего построения по ним трехмерной поверхности). Она дает возможность изучить индивидуальные особенности строения внутренних структур головы каждого конкретного пациента, а также выделить по оптической плотности разные поверхности, в том числе поверхность лица.

11.5. Принцип действия, состав и применение детектора лжи

Полиграф (греч. poly — много и graph — пишу), или «детектор лжи», «лай-детектор» — это специально организованное оборудование, предназначенное для проведения инструментальных психофизиологических исследований посредством одновременной регистрации параметров дыхания, сердечно-сосудистой активности, сопротивления кожи и других физиологических параметров с последующим представлением результатов регистрации этих параметров в аналоговом или цифровом виде, предназначенном для оценки достоверности сообщенной информации (рис. 11.30).

Полиграфы по способу фиксации данных делят на следующие виды:

- аналоговые (перьевые, чернильно-пишущие, традиционные), в которых запись данных производится на диаграммной бумаге;

- цифровые (компьютерные) — запись осуществляется на электронном носителе с помощью персонального компьютера.



Рис. 11.30. Тестирование на полиграфе при приеме на работу

Современный компьютерный полиграф представляет собой переносной персональный компьютер с сенсорным блоком и датчиками съема информации.

Сенсорный блок предназначен для снятия сигналов с датчиков, регистрирующих информацию о физиологических процессах, усиления и фильтрации этих сигналов, преобразования их в цифровой код и передачи его на персональный компьютер.

Для регистрации физиологических данных используются следующие **датчики**:

- верхнего (грудного) и нижнего (брюшного) дыхания;
- сердечно-сосудистой активности: пульса, кровенаполнения сосудов и/или артериального давления;
- электрокожной проводимости (сопротивления кожи, кожно-гальванического рефлекса).

Одновременный контроль указанных физиологических процессов в ходе психофизиологического исследования является строго обязательным: согласно существующим международным стандартам, исключение из контроля хотя бы одного из этих процессов делает процедуру проверки на полиграфе невалидной.

Остальные датчики, включаемые в комплектность разных моделей полиграфов, несут вспомогательную функцию. Так, датчики тремора (двигательной активности) и голоса могут использоваться для фиксации артефактов: движения обследуемого и внешних шумовых помех соответственно. Голосовой датчик (микрофон) также может использоваться для более точной фиксации моментов вопроса-ответа и для записи фонограммы опроса.

Детектор измеряет не ложь, а изменение физиологических реакций организма, свидетельствующих о значимости предъявляемых стимулов для исследуемого лица.

Факторы, влияющие на результат психофизиологического исследования:

- предубеждение исследуемого лица: реакции организма отражают не истинность фактов, а веру испытуемого в их истинность или ложность;
- предубеждение полиграфолога;
- противодействие – утверждается, что существуют методы, при которых проверяемый может влиять на показания, используя различные манипуляции, не замечаемые специалистом;
- состояние проверяемого лица – физическое или психологическое истощение исследуемого лица.

11.6. Назначение и возможности тренажеров с биологической обратной связью

Релаксация (лат. *relaxatio* – ослабление, расслабление) – снижение тонуса скелетной мускулатуры. Считается, что релаксация способствует снятию психического напряжения, из-за чего она широко применяется в психотера-

пии, при гипнозе и самогипнозе, в йоге и во многих других оздоровительных системах. Релаксация наряду с медитацией приобрела большую популярность как средство борьбы со стрессом и психосоматическими заболеваниями.

В 30-х годах XX века немецкий ученый Иоган Шульц творчески переработал индийские методики и создал свое направление – аутогенную тренировку (аутотренинг).

В начале 70-х годов в СССР многие начали приобретать навыки саморегуляции. Занимающиеся жаловались на то, что им трудно понять, в каком направлении им двигаться, т. к. в классическом аутотренинге отсутствует наглядная обратная связь между результатом упражнений и показателями органов чувств. Для ускорения обучения навыкам саморегуляции некоторые исследователи стали разрабатывать различные технические устройства, которые позволяли бы пациентам непосредственно наблюдать за своими физиологическими процессами.

Технологии биологической обратной связи (биоуправлению, БОС, biofeedback) позволяют обычным людям за несколько сеансов овладеть такими навыками, на которые индийским йогам требовались годы тренировок. Принцип их функционирования прост – для того чтобы человек научился влиять на какой-то физиологический или биохимический процесс, он должен получать информацию о результатах своих действий.

В наше время благодаря успехам компьютерных технологий ученые создали весьма эффективные устройства, позволяющие людям воздействовать на свой организм в желаемом направлении. В качестве датчиков используют термисторы, измеряющие изменения кожной температуры, фоторегистраторы пульса, датчики напряжения мышц, детекторы биопотенциалов головного мозга и т. д. Полученная информация обрабатывается на компьютере, после чего предоставляется пациенту в удобном для восприятия виде. Человек смотрит на экран монитора, отслеживая, в каком направлении меняются его физиологические процессы.

БОС – это поведенческий метод терапии, основанный на использовании скрытых резервов организма. Одной из задач данного метода является овладение и развитие навыков саморегуляции. Метод БОС применяется для коррекции психологических и психосоматических расстройств, возникших под воздействием хронического стресса и психически травмирующих переживаний. Для этого нужно лишь с помощью специальной техники увидеть или услышать, как «работает» тот или иной физиологический процесс организма (например, работа сердца, дыхания, различных мышц, активность головного мозга), а затем сознательно и целенаправленно изменить его работу. Можно сказать, что это лечебно-учебная процедура, в результате которой вы научитесь без помощи лекарственных препаратов справляться со стрессом, страхами, усталостью, головной болью, обрести уверенность в себе. Воспринимая аудио- и видеосигналы обратной связи, вы сможете увидеть и услышать вну-

тренные резервы своего организма и, используя их, усовершенствовать нормальные и скорректировать нарушенные физиологические функции вашего организма.

Показания к применению метода БОС:

- хронический стресс;
- депрессии;
- посттравматическое стрессовое расстройство;
- синдром хронической усталости;
- тревожность;
- страхи и бессонница;
- заикание;
- повышение артериального давления;
- вегетососудистая дистония;
- головные боли;
- напряжения и мигрени;
- синдром учащенного или затрудненного дыхания, в том числе при бронхиальной астме;
- трудности в учебе, в освоении новой информации, чаще всего связанные со стрессами;
- синдром дефицита внимания у детей с избыточной двигательной активностью;
- метеозависимость и чрезмерные эмоциональные реакции.

Преимущества БОС-терапии:

- метод биологической обратной связи быстр;
- БОС-терапия направлена на устранение самой причины болезни;
- длительно сохраняются приобретенные навыки саморегуляции;
- метод является немедикаментозным;
- метод научно обоснован;
- позволяет работать с основными типами дисфункций регуляторных систем организма – нервной, иммунной и гуморальной;
- не использует никаких внешних воздействий на человека;
- схема терапии подбирается индивидуально в зависимости от вида расстройства и индивидуальных особенностей человека;
- позволяет самостоятельно следить за процессом выздоровления, т. к. после каждого занятия предоставляется информация о достигнутых результатах обучения и их точной количественной оценки.

Виды БОС:

1. БОС, основанная на измерении электрического сопротивления кожи (кожно-гальваническая реакция – КГР), которое напрямую зависит от уровня расслабления, т. е. от психологических состояний и эмоций. На руку надеваются сенсоры, и мы слышим в наушниках повышение тона, если наши эмоции или состояния становятся более напряженными, и понижение, когда мы расслабляемся.

2. БОС, основанная на измерении мышечного напряжения. Расслабление мышц лба, например, способствует уменьшению головных болей, снятию напряжения жевательной мускулатуры. Тренажер состоит из пары наушников со встроенным интерфейсом и повязки с сенсорами вокруг головы. Когда мы расслабляем мышцы лба, тон в наушниках начинает понижаться.

3. БОС, основанная на измерении качества биоэлектрической волновой активности мозга. Улучшение качества волновой активности помогает нам в обучении и сосредоточении, снижении ментального хаоса, в быстром достижении глубокой релаксации и в улучшении качества ночного сна. В данном случае два электрода устанавливаются на голову, и через компьютерный интерфейс мы можем видеть волновую активность нашего мозга в виде волнистых линий на экране, похожих на морские волны. Когда волны близки друг к другу – мы активны и внимательны, когда расходятся – расслабляемся, а внимание рассеивается.

4. БОС, основанная на измерении вариабельности сердечного ритма, показывает нам, как наше сердце отвечает на изменения эмоционального, ментального и физического напряжения и помогает натренировать способность возвращаться в более расслабленное и эффективное состояние. Это помогает достижению общей релаксации и снятию напряжения с сердечно-сосудистой системы. Для этого надевается сенсор на палец, и компьютерный интерфейс помогает увидеть работу сердца в виде волнистых линий на экране, похожих на морские волны. Нерегулярные постоянно изменяющиеся волны свидетельствуют о том, что мы легко поддаемся различным расстройствам по любому поводу. В то время как плавные волны обозначают, что мы способны оставаться спокойными в любой напряженной ситуации.

5. БОС, основанная на измерении температуры кожи. Чем теплее кожа, тем глубже релаксация. Температура кожи определяется количеством крови, циркулирующей в подкожном слое. Чем больше объем циркуляции, тем быстрее в этом месте идет исцеление и самовосстановление. Для этого помещают датчики температуры там, где надо увеличить кроволимфоток, например на руку. Чем выше уровень стресса, тем холодней обычно руки. Цифровой термометр измеряет температуру, затем сообщает, что температура в этом месте увеличилась или не увеличилась.

Система «Кинезис». Система биологической обратной связи «Кинезис» психоэмоциональной коррекции – это современная система психофизиологического тренинга и коррекции разнообразных функциональных расстройств при широком спектре заболеваний нервной системы организма, а также при психоэмоциональных расстройствах.

Система позволяет проводить тренинг с помощью метода биологической обратной связи на основе электроэнцефалографических (ЭЭГ) сигналов (регистрации и анализа биопотенциалов мозга). Для регистрации биопотенци-

алов используется анализатор «Кинезис», который позволяет осуществлять коррекцию на основе четырех электроэнцефалографических каналов. Анализатор подключается к персональному компьютеру по интерфейсу USB.

Программное обеспечение системы представляет собой набор специально разработанных компьютерных визуальных и акустических акций, выполненных в игровой манере, на состояние которых пациент может осуществлять воздействие посредством изменений уровня мозговой активности. Пациент в процессе настройки «находит приемлемый положительный результат», отображаемый на экране компьютера и сигнализирующий в удобной и понятной форме результаты изменения функциональных параметров мозга. Встроенная экспертная система позволяет определять возможности пациента и вести тренинг согласно этим возможностям.

Тренинг производится на основе спектральной оценки ЭЭГ и экспертной оценки биоэлектрической активности испытуемого. Принципиальным отличием от аналогичных систем является наличие встроенной системы «технической обратной связи», заключающейся в подаче световых импульсов в спектре доминирующей частоты ЭЭГ-ритмов пациента, наиболее усваиваемой мозгом при расслаблении. Причем доминирующая частота автоматически подстраивается индивидуально для каждого пациента. Это повышает качество, степень и глубину психорелаксации.

НейтроТренер-ТМ1 – простой и удобный электронный тренажер для обучения методам психологической саморегуляции (самогипноз, аутотренинг, самовнушение, медитация, глубокая релаксация) (рис. 11.31).

Стресс вызывает сужение кровеносных сосудов конечностей (руки и ноги холодеют). В состоянии релаксации, покоя, наоборот, кровеносные сосуды расширяются, мышцы расслабляются и теплеют. Так, умение повышать температуру конечностей позволяет углубить состояние покоя и расслабления, снизить артериальное давление, улучшить питание сердечной мышцы, устранить головные боли сосудистого характера.

Тренажер состоит из электронного модуля с системой звуковой и световой индикации и температурного датчика. Температурный датчик прикрепляется к поверхности кожи и примерно через 1-2 мин входит в тепловой баланс, после чего можно начинать тренинг саморегуляции. При повышении или понижении температуры на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ прибор издает звуковой сигнал (при повышении температуры более высокого тона, при понижении более низкого) и загорается (на 1 с) светодиод красного (при повышении температуры) или зеленого (при понижении) цвета. Возможно использование наушников.



Рис. 11.31.
НейтроТренер-ТМ1

Глава 12

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОВАРА НА САЙТЕ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

12.1. Нелингвистический Интернет на основе 3D-образов виртуальной реальности

3D-интернет — совокупность веб-продуктов, отображающих информацию, условно используя третье измерение.

Примером продукта может служить трехмерный виртуальный мир с элементами социальной сети Second Life.

Актуальность:

- сейчас наступает время 3D-отображения содержимого сайтов;
- 3D-графика на сегодняшний день — это наиболее наглядный и эффектный способ представления услуг в сети;
- среди разнообразной информации, доступной пользователям Интернета, помимо текстов и графики появляется все большее количество данных, которые по своей структуре плохо представимы в рамках метафоры иллюстрированного текста.

Возможности:

- создание 3D-моделей, которые можно вращать со всех сторон, приближать, удалять, показывать интерактивную анимацию;
- при просмотре 3D-панорамы создается эффект присутствия, пользователь может оглядеться вокруг, приблизить или отдалить интересующие фрагменты.

Области применения:

- игры и виртуальные сообщества;
- инженерная и научная визуализация, обучающие программы;
- архитектурные и развлекательные объекты;
- бизнес и торговля (интернет-коммерция);
- просмотр 3D-видеоматериалов и т. д.

Некоторые разновидности 3D-интернет-продуктов:

- сайты, имитирующие реальность;
- навигационные сайты;
- 3D-онлайн игровые порталы;
- сайты с размещением 3D-объектов;
- сайты для просмотра с использованием 3D-очков;
- смешанные.

3D-веб-технологии:

- Virtual Reality Modeling Language – «язык моделирования виртуальной реальности», был разработан в 1995 г. изначально с прицелом на создание интерактивных 3D-демонстраций поверх World Wide Web;

- концепция Google O3D наследует основную идею VRML – данные о сцене содержатся непосредственно в теле HTML документа. Внешние ресурсы, как текстуры, так и целые сцены, подгружаются отдельно по необходимости;

- 3D-функции пакета Adobe Flash, разработанные как подспорье для ускорения вывода видео высокого разрешения, оказались подходящей транспортной платформой для интернет-движков нового поколения;

- свой вклад в развитие трехмерной визуализации в Интернете может внести CAD 3-D Working Group, в числе организаторов которого находятся компании, являющиеся своеобразными векторами индустрии – Intel и Microsoft.

Основные проблемы:

- несмотря на пятнадцать лет истории, все прошлые и нынешние реализации 3D-графики в Интернете чаще всего оставляют желать лучшего;

- препятствием к широкому распространению нового стандарта может стать невысокая пропускная способность существующих каналов связи;

- существует серьезная проблема совместимости форматов. Для того чтобы 3D-интернет стал повседневностью, мало понятия индустрии о его необходимости. В данном случае требуется возврат к первоначальному этапу формирования единого стандарта централизованно, на виду у всей IT-отрасли.

Перспективы

Интернет никогда не станет полностью трехмерным, да этого и не требуется, ведь существуют такие виды взаимодействия, которые лучше всего осуществляются в двух измерениях, например, чтение текста.

Однако широкий доступ клиентов к 3D скоро станет главной целью большинства IT-компаний.

Если посмотреть на виртуальные миры сегодня, то окажется, что графика все же значительно отстает от самой идеи, а потому развитие пойдет по пути усовершенствования реалистичности. И вот тогда трехмерный Интернет вызовет большой сдвиг в самих способах использования сети.

Внедрение 3D-интернета с ультрареалистичными изображениями окружающей среды и самого человека, безусловно, изменит положение вещей. Например, отпадет необходимость в личном присутствии. Еще один пример – революция в области развлечений. Появится возможность создания «эффекта присутствия» на футбольном или хоккейном матче, Евровидении или другом подобном шоу.

Однако основной причиной малого распространения трехмерной виртуальной визуализации может стать ее дороговизна. По-настоящему интересные и качественные разработки для той же электронной торговли сегодня могут себе позволить лишь очень богатые компании.

12.2. Анализ неточности восприятия характеристик товара, представленных через Интернет

Иллюзия (лат. *illusio* — заблуждение, обман) — искаженное восприятие реально существующего объекта или явления, допускающее неоднозначную интерпретацию. Иллюзии могут возникать у психически здоровых людей (физические, физиологические иллюзии, метаморфозии) (рис. 12.1).

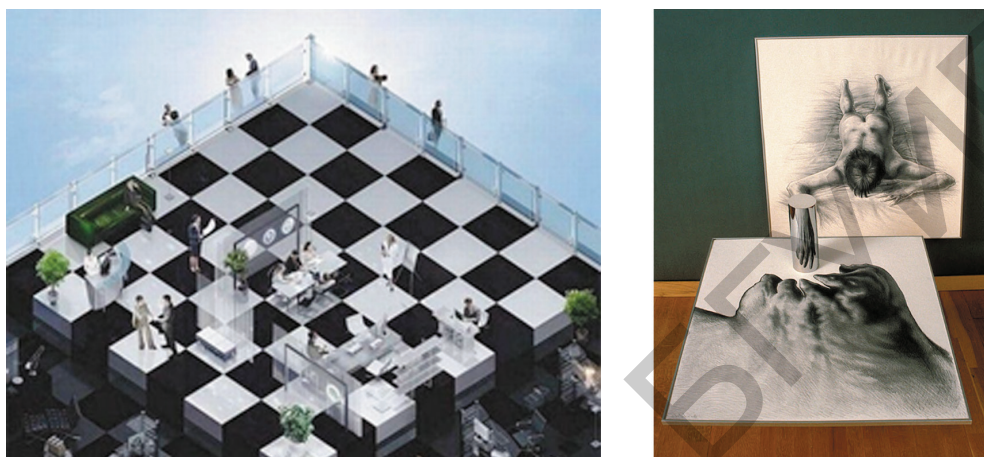


Рис. 12.1. Примеры графических иллюзий

Глазомерная оценка — обязательная часть зрительного восприятия. Человек подсознательно отмечает равенство отрезков, их параллельность, пропорции, одинаковость фигур, даже если они повернуты относительно друг друга, и т. д. Глазомерные оценки бывают порой ошибочны, и эта ошибочность достаточно устойчива.

Неточность восприятия формы и размера зависит от геометрических параметров изображения и от цвета. Все нижепереведенные правила иллюзорности справедливы и для 3D-объектов на сайте.

В сфере торговли через интернет-магазины проблема неточности восприятия характеристик товара широко распространена, что может вызывать различные последствия:

- не выявив ожидаемые характеристики, покупатель останется недовольным приобретенным товаром, и в последствии откажется от услуг данного интернет-магазина;
- если внешний вид товара будет вызывать сомнения, то клиент возможно воздержится от покупки;
- товар, вызывающий двойное восприятие, также подлежит сомнению;
- небольшое количество представленных характеристик либо их отсутствие могут отпугнуть покупателя.

Восприятие формы

Проблема: из-за слияния с фоном сложно определить контуры объекта (цветная вклейка, рис. 1.5).

Решение: объект разместить на контрастном однотонном фоне.

Восприятие размера

Проблема: размер объекта на изображении кажется крупнее или мельче оригинала (рис. 12.2).



Рис. 12.2. Пример решения проблемы восприятия размера объекта

Решение: зафиксировать рядом с объектом такой предмет, реальные размеры которого знакомы каждому.

Проблема: размер одежды подобран согласно международной маркировке, но на фигуре не сидит.

Решение: кроме общепринятой маркировки следует еще указывать и дополнительные параметры.

Таблица 12.1

Уточнение соответствия размеров по маркировке.
Размеры женской одежды

| Международный размер | XS | S | M | L | XL | XXL | 3XL |
|----------------------|-------|----|-------|-----|-------|-----|-----|
| Российский размер | 40–42 | 44 | 46–48 | 50 | 52–54 | 56 | 58 |
| Европейский размер | 34–36 | 38 | 40–42 | 44 | 46–48 | 50 | 52 |
| Объем груди (см) | 82 | 88 | 94 | 100 | 106 | 116 | 122 |
| Объем талии (см) | 64 | 70 | 76 | 82 | 90 | 98 | 104 |
| Объем бедер (см) | 88 | 94 | 100 | 106 | 114 | 122 | 128 |

Восприятие оттенка

Проблема: цвет товара оказался совершенно иным при обычном освещении, нежели на фото.

Решение: фотографировать товар при естественном дневном освещении и без вспышки (цветная вклейка, рис. 1.6).

Проблема: у фотоаппарата плохая цветопередача, поэтому цвета получаются блеклые и ненасыщенные.

Решение: найти возможность использовать хороший фотоаппарат либо подкорректировать цвета в редакторе изображений (цветная вклейка, рис. 1.7).

Восприятие веса

Проблема: точная численная величина — вес товара — порой не осознается человеком.

Решение: дать сравнительную статистику веса в данной группе товаров либо привести в пример вес всем хорошо знакомого предмета (рис. 12.3).



Рис. 12.3. Пример решения проблемы восприятия веса

Восприятие рельефа

Проблема: изображение товара слишком мелкое, некачественное, по нему невозможно сделать вывод о рельефе объекта.

Решение: затронуть эту особенность в описании товара либо привести макроизображение, передающее свойства рельефа данного товара (рис. 12.4).



Рис. 12.4. Пример решения проблемы восприятия рельефа

12.3. Разработка прилавка для выкладки товара

Правильная выкладка товара — это способ увеличения продаж за счет расположения товаров на полках и прилавках магазина, в том числе и виртуального.

При правильной выкладке:

- все товары хорошо видны на прилавке и представляют собой единую систему/гамму;
- каждый товар выложен в самом выгодном и привлекательном для покупателя виде;
- возможно выделение товаров одной торговой марки от прочих.

Рекламные материалы и аксессуары дополнительно привлекают внимание и создают положительный эмоциональный настрой. Покупателю легко осуществить покупки.

Зеленое с голубоватым оттенком свечение приятно для глаз.

Важность этих факторов тем более очевидна, что 80 % решений о покупке конкретной торговой марки, по мнению экспертов, делается непосредственно у прилавка: человек решает, что ему купить, только когда видит товар.

Законы восприятия. Данные законы были разработаны для неэлектронной коммерции, но при проектировании 3D-прилавков и обычных витрин в интернет-магазинах они также являются очень важным атрибутом успешной работы магазина.

Главные законы восприятия продукции:

1. Закон фигуры и фона: один объект ярко выделен на фоне других. Этот закон используют, если хотят привлечь внимание к конкретному товару для его продвижения. Выделение может быть за счет яркой и нестандартной упаковки, дополнительной подсветки, wobblers, стикеров, но рекламные материалы не должны отвлекать внимание.

2. Закон уровня глаз: наибольшая концентрация внимания приходится на уровень глаз, поэтому продвигаемый товар нужно расположить именно там, чтобы человек его не искал и в любом случае его увидел.

3. Закон мертвой зоны: это нижний левый угол, поэтому нижние полки должны занимать либо редко покупаемые позиции, либо крупные упаковки, либо товар целенаправленного спроса.

4. Закон переключения внимания: если взгляд не фиксирует привлекательный для себя объект, то внимание переключается на другое пространство в поисках «фигуры» — поэтому нельзя располагать товар в строгую линейку, т. к. человек просто пройдет мимо в поисках чего-нибудь яркого (за исключением тех, кто ищет конкретный товар). Товары часто выкладывают в форме разнообразных фигур для привлечения внимания (рис. 12.5).



Рис. 12.5. Пример комбинирования товаров в композиции

5. Закон группировки: товар должен располагаться на витрине/прилавке группами, не вразнобой. Товар должен объединяться в группы по нескольким основаниям одновременно, например, по торговой марке, по виду товара, по весу/размеру упаковки и по цене. Это позволяет задержать внимание покупателя на товаре и, соответственно, стимулирует покупку (в магазинах часто товар располагается иначе).

6. Закон мелкого товара: мелкий товар должен лежать ближе к покупателю, крупный можно расположить подальше.

12.4. Особенности представления товара на прилавках пассивного и активного типа в интернет-магазинах

Интернет-магазин – сайт, торгующий товарами в Интернете, который позволяет пользователям сформировать заказ на покупку, выбрать способ оплаты и доставки заказа.

Однако, чтобы сформировать заказ, пользователь должен сначала выбрать товар. Вот именно для этого и работают маркетологи, которые знают, куда и что надо положить, чтобы это купили, и юзабилити, которые преобразуют знания маркетологов в интуитивно-понятный интерфейс для пользователя сайта.

Главный атрибут интернет-магазина – наличие виртуальных прилавков.

Существуют два основных вида прилавков: **активные** и **пассивные**. Они отличаются друг от друга тем, что активные либо сами, либо по клику меняют отображаемые товары на них.

Виртуальный прилавок – это одна из главных частей интернет-магазина, где пользователь может посмотреть товар.

Чем больше виртуальный прилавок рассчитан на взаимодействие с пользователем, тем меньше несоответствий и разочарований будет потом.

На сегодняшний день можно выделить следующие виды виртуальных прилавков:

1. Стандартный перечень товаров с описанием и фотографиями.

Преимущества:

- привычный для пользователя;
- присутствует все необходимое.

Недостаток – отсутствует предметное интерактивное взаимодействие человека с товаром.

2. Анимированный список товаров.

Преимущества:

- привычный для пользователя;
- отсутствует все необходимое.

Недостаток – отсутствует взаимодействие с товаром.

3. Представление в виде «ШАР» (рис. 12.6).

Преимущества:

- хороший вариант, если хотите удивить своих клиентов. Вся схема вращается указателем мыши;

- при выводе объекта в центральное положение и наведении на него указателя мыши, изображение увеличится, при нажатии происходит переход на страницу с данным объектом.



Рис. 12.6. Представление в виде «ШАР»

Недостаток – неудобство в использовании (начинает двигаться к другим объектам при задевании их мышью), т. е. необходимо упражняться в применении.

Возможен динамический ряд, дублирующий остальной вариант, но с автопрокруткой (рис. 12.7).

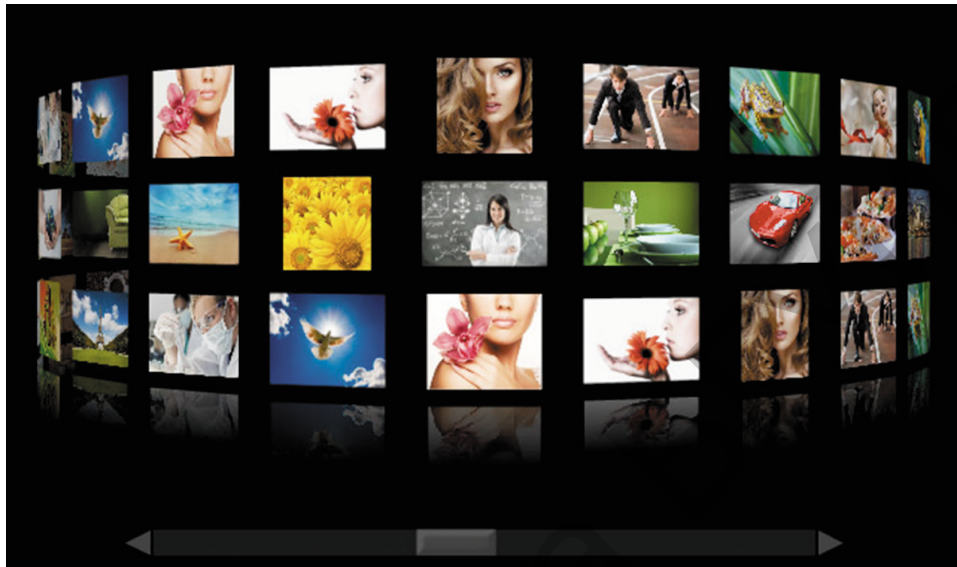


Рис. 12.7. Вариант представления товаров с автопрокруткой

Преимущества:

- есть все необходимое;
- новизна;
- интерес;
- интерактивное взаимодействие с пользователем.

Недостаток – ожидание при загрузке графики.

4. Интерактивное представление товара с 3D-эффектом (рис. 12.8–12.9).



Рис. 12.8. Интерактивное представление товара с 3D-эффектом



Рис. 12.9. Демонстрация 3D-обуви Virtual Footwear Wall

5. Интерактивное представление товара в реальных магазинах.

Преимущества:

- есть все необходимое;
- новизна;
- интерес;
- интерактивное взаимодействие с пользователем.

Недостаток — все равно надо зайти в магазин.

6. Копия реального магазина в виртуальном мире.

Преимущества:

- интерес;
- интерактивное взаимодействие с пользователем;
- есть все необходимое;
- новизна.

12.5. Системы приема и отображения информации

Системы приема и отображения информации — это комплекс технических средств, обеспечивающих предоставление информации в форме, удобной для зрительного восприятия человеком. Применяются в самых различных областях от торговых центров до систем видеофиксации движения транспортных средств. Все более широкое применение системы отображения находят в коллективном использовании — конференц-залы, ситуационные центры, диспетчерские, учебные классы и т. д.

К системам отображения можно отнести следующее **оборудование**:

- проекционные модули и видеокубы;
- видеостены;
- плазменные и LCD-панели, мониторы;
- экраны прямой или обратной проекции;
- системы зеркал обратной проекции;
- презентационное оборудование.

Презентационное оборудование. Интерактивные проекционные системы предназначены для создания необычных и эффектных презентаций. Человек, попадая в зону интерактивной проекционной системы, начинает индивидуально влиять на систему, открывая закрытые ранее области или перемещая объекты изображения. Проекция вокруг него «оживает». При этом впечатляющие визуальные эффекты притягивают к себе посетителей и увлекают их в интерактивное шоу.

LCD-видеостены. Огромным преимуществом перед плазменными панелями является возможность длительной работы со статическим изображением. Таким образом, жидкокристаллические мультиэкраны можно применять в качестве информационных табло в аэропортах, использовать для информа-



Рис. 12.10. Видеостена

ционных дисплеев на производстве, т. е. в тех областях, где ранее невозможно было использовать плазменные видеостены.

Видеостена – это система экранов, объединенных между собой и предназначенных для демонстрации больших изображений. Площадь видеостены подбирается в соответствии с требованиями заказчика. Каждый экран или видеомодуль является независимым устройством. Согласование всех модулей видеостены для синхронного управления единым экраном выполняется с помощью специ-

ального контроллера и программного обеспечения. Контроллер осуществляет прием, обработку, хранение и вывод изображения на видеостену (рис. 12.10).

На большом полиэкране можно создавать как большие изображения, так и видеоокна меньших размеров. На некоторых видеомодулях уже расположены свои контроллеры, что облегчает создание видеостен.

Для создания видеостен немаловажную роль играет бесшовность экранов. Многие экраны имеют корпусные швы (окантовка), поэтому при просмотре больших изображений эта окантовка будет искажать изображение и мешать. Поэтому производители на сегодняшний день предлагают бесшовные модули, установка которых позволяет делать шов практически незаметным.

Проекционные модули. Компания Barco разрабатывает свои проекционные видеокубы на основе модульной технологии. Идея разделения проекционного и лампового модулей позволила создать простой в обслуживании проекционный куб с прекрасным качеством изображения. Повышенная надежность ламп снижает эксплуатационные затраты и обеспечивает стабильное изображение.

Оптический регулятор освещенности гарантирует равномерность яркости и контрастности по всей видеостене и обеспечивает постоянство технических характеристик экрана в течение всего срока службы. Все компоненты видеокуба разрабатываются в расчете на непрерывный круглосуточный режим эксплуатации. Видеомодули легко интегрируются в любые центры управления, т. к. они поддерживают различные источники (видео, потоки данных, Интернет, компьютеры, видеоконференции и спутниковые каналы). Информация от этих источников может быть размещена на любом количестве экранов.

Сити-формат для наружного и внутреннего монтажа в антивандальном корпусе. Каждая панель имеет встроенный компьютер, благодаря которому все установленные панели можно объединить в единую сеть независимо от их месторасположения. Можно одновременно транслировать информацию на панелях, расположенных в разных концах города, страны и т. д.

Программное обеспечение позволяет загружать ролики и изображения любого формата. Обслуживание и контроль, составление расписания показов, график включения-выключения можно осуществлять с единого удаленного компьютера. После установки антивандальные дисплеи Icon One не требуют никакого вмешательства (рис. 12.11).



Рис. 12.11. LCD-антивандальные панели ICON ONE

Опционально панели можно укомплектовать внутренним ПК для автономной работы каждого отдельного дисплея. Панели можно объединить по Интернету в локальную сеть для удаленного доступа к панелям и управления ими независимо от их месторасположения. Каждая панель с внутренним ПК имеет встроенную акустику. Антивандальный корпус защищает панели от механического и электромагнитного воздействия. При помощи панелей VITZE можно отображать информацию в виде слайд-шоу или показывать динамические видеоролики. Рекламную кампанию можно начать сразу в разных городах, не выходя из офиса.

Дисплеи покупателя можно увидеть в любом магазине. Название товара, вес, стоимость покупки, сумма чека, сумма сдачи, объявления, рекламные призывы – все это может быть отображено на дисплеях покупателя.

Современные дисплеи покупателя выпускаются различных цветов, что позволяет им хорошо вписываться в интерьер, имеют эргономичный дизайн, яркий, но не утомляющий глаза оператора, ЖК- или вакуум-флуоресцентный экран.

Модели дисплеев покупателя могут сдвигаться по горизонтали или поворачиваться вокруг своей оси. Некоторые модели имеют в наборе международные символы с возможностью эффекта «бегущей строки» и «падающих букв», направление надписи на экране может определяться пользователем.

Все дисплеи покупателя русифицированы, соответствуют высоким стандартам качества. Простое программирование дисплеев покупателя с исполь-

зованием ESC-команды описано в прилагающемся к ним руководстве пользователя. Установка дисплеев покупателя проста и не требует специальных навыков. Запитать дисплеи покупателя можно и от розетки, и от блока питания компьютера (рис. 12.12).



Рис. 12.12. Дисплеи покупателей

Интерактивные витрины. Интерактивная пленка — это прозрачная практически невесомая пленка, которая наносится на любой неметаллизированный материал и создает интерактивную сенсорную витрину. Интерактивная пленка работает по принципу проекционной емкости (Projected Capacitance). Когда пользователь подносит палец (в перчатке или без) близко к поверхности, то это создает возмущение в электрическом поле. Провес распознается проводами в X- и Y-плоскостях, что позволяет точно определить место касания.

Интерактивная пленка может работать через неметаллизированный материал толщиной до 16 мм. Рекомендуется использовать при тестировании материалы толщиной более 10 мм.

Виртуальные примерочные, собственный кассир в айфоне, стикеры для покупок, смартфон для шопинга. Пример простой виртуальной примерочной: возьмем зеркало и добавим видеокамеру с детектором движения. На зеркало проецируется одежда, а детектор движения связан с виртуальным меню и позволяет добавить интерактивности, например, примерить размер поменьше или поменять картинку на футболке (рис. 12.13).

Пока еще программа далека от совершенства и не может показать, как одежда будет сидеть на конкретной фигуре, скорее примечателен сам факт, что вскоре, возможно, нам не придется выходить из дома, чтобы примерить одежду.

Голографическая пирамида — 3D-пирамида, которая инновационным образом продемонстрирует флагманскую модель продукта. Возможность заглянуть в будущее уже сегодня вызывает неподдельный интерес и искреннее восхищение (рис. 12.14).



Рис. 12.13. Fitting Room.

Примерка виртуальных платьев с интерфейсом



Рис. 12.14. Голографическая пирамида

В сознании каждого человека голограмма прочно ассоциируется с технологиями будущего. И это не случайно – возникающее из ниоткуда объемное реалистичное изображение всегда являлось неотъемлемым элементом любого фантастического фильма.

Новейшее поколение 3D-пирамид для торговой, выставочной и рекламной индустрии не требует 3D-очков, создает визуальный эффект абсолютно-го присутствия трехмерного изображения. Применение новейших научных разработок, эксклюзивность возможностей, простота использования и производства по индивидуальному заказу делает голографическую пирамиду уникальным инструментом.

12.6. Испытание систем отображения информации в экспериментах с покупателем

Проведено немало исследований, которые показали, что продукция, представленная на сайте с помощью трехмерной или обзорной фотографии, продается в среднем на 40 % чаще, чем ее аналог, представленный обычной предметной фотографией.

По отзывам многих клиентов интернет-магазинов, основной причиной, по которой они не делают покупку, является недостаточное визуальное представление о товаре.

Более того, профессиональное предметное фото часто настораживает покупателя.

Всем известно, что хороший фотограф без труда сделает фотографию, которая будет отражать только выгодные стороны объекта.

Трехмерная фотография позволяет клиенту увидеть товар «целиком», рассмотреть его со всех ракурсов и сделать обдуманный выбор, не опасаясь быть обманутым.

Результаты исследования компанией Autodesk потенциального влияния 3D-визуализации на потребительский спрос и рост продаж следующие:

- более 80 % потребителей заявили, что размещенные в интернете 3D-изображения стимулируют их к приобретению продукта;
- 65 % отметили, что вернуть продукт, 3D-модель которого они видели онлайн, им будет сложнее;
- 78 % считают, что 3D-изображение способствует восприятию продукта как более качественного;
- около 60 % отметили, что с большим удовольствием купят продукт, наглядные трехмерные инструкции по эксплуатации которого размещены в Интернете;
- на предпочтения относительно 3D влияет доход. Половина из тех, у кого средний доход, выбирают покупки по 3D-изображениям, а среди тех, чей доход выше среднего, таких 70 %;
- потребители моложе 65 лет предпочитают просматривать трехмерные изображения на сайтах, а потребители старше этого возраста обычно выбирают печатные брошюры;
- только 31 % опрошенных согласны платить больше за продукт, 3D-модель которого размещена онлайн. Это означает, что люди ожидают увидеть трехмерное изображение товара в качестве стандартного предложения, а не дополнительной услуги.

Преимущества трехмерной структуры моделей товара для интернет-магазина:

- полноценная демонстрация товара, что особенно актуально для новых товаров на рынке;
- мотивация покупательского интереса. 3D-фото лучше воздействует на эмоциональные центры и побуждает к покупке;
- запоминаемость товара. 3D-изображения клиент обязательно запомнит и вернется на сайт еще раз;
- объективная информация. Часто на фото в интернет-магазинах товар выглядит более привлекательно, чем на самом деле;
- трехмерная структура модели товара дает объективное видение товара, что позволяет снизить количество возвратов;

- 3D-фотографии для интернет-магазина с точки зрения рекламы более эффективны. Это объясняется с помощью достаточно известной формулы потребительского интереса: AIDAS (attention – interest – desire – action – satisfy), что в переводе означает – внимание, интерес, желание, действие, удовлетворение. Если в структуре обычного интернет-магазина фотография товара может вызвать лишь интерес и возможно желание, то 3D-фотография товара охватывает сразу три этапа – внимание, интерес и желание.

Глава 13

ТРЕНАЖЕРЫ С ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ СЦЕН НА ТРАНСПОРТЕ

13.1. Когнитивные технологии предъявления зрительной информации в тренажерах для обучения водителей

С помощью автомобильного тренажера (рис. 13.1) обеспечивается:

- изучение расположения органов управления, а также практическое обучение правилам пользования органами управления;
- отработка приемов начала движения, переключения передач, руления, торможения различными способами, движения задним ходом;
- изучение упражнений, составляющих элементную базу экзамена в ГИБДД;
- движение по дорогам виртуального автодрома, районов города и загородного шоссе;
- коррекция неверных навыков управления автомобилем, выработанных водителями в результате самообучения.



Рис. 13.1. Автомобильный тренажер

Автотренажеры способствуют развитию профессионально важных качеств водителя:

- психофизиологических (глазомер, устойчивость, переключаемость и распределение внимания, память, психомоторика, эмоциональная устойчивость, динамика работоспособности);
- свойств и качеств личности водителя, которые позволят ему безопасно управлять транспортным средством (нервно-психическая устойчивость, свойства темперамента, склонность к риску, конфликтность);
- саморегуляции при наиболее часто встречающихся состояниях: эмоциональной напряженности, монотонности, утомлении, стрессе.

Программа автотренажера позволяет осуществить:

- отработку навыков движения в городском цикле и на оживленных магистралях, в том числе перестроение в плотном потоке, круговое движение, соблюдение дистанции и оптимальной скорости, прогнозирование аварийных ситуаций и своевременное реагирование на них;
- прохождение практического экзамена в ГИБДД.



Рис. 13.2. Тренажер автомобиля «Лада»

Тренажер автомобиля «Лада». На полу закреплено настоящее кресло с ремнем безопасности, передняя панель со всеми приборами, педалями, рычагами коробки и стояночного тормоза, на месте правого сиденья установлены системные блоки компьютера, а перед глазами несколько крупных мониторов, обеспечивающих обзор на 180° (рис. 13.2).

Динамический тренажер вождения автомобиля УРАЛ-4320. Тренажер предназначен для обучения основным навыкам вождения и для совершенствования приемов вождения в различных ландшафтных, дорожных и погодных условиях.

Передовая компьютерная система формирования изображений в виртуальном пространстве и использование реальной кабины автомобиля, установленной на многостепенной платформе, обеспечивает эффективный процесс обучения в условиях классного помещения без расхода горюче-смазочных материалов и моторесурса транспортного средства.

Тренажер позволяет проводить обучение вождению автомобиля с прицепом, а также вождению в составе колонны при подключении нескольких тренажеров в одну локальную вычислительную сеть.

Симулятор от Mercedes-Benz имитирует движение в трех осях с помощью платформы на шести пневматических рычагах и изображения, проектируемому на 360-градусный панорамный экран вокруг авто. Технология, схожая с полотном беговой дорожки длиной более 9 м, обеспечивает возможность поперечного движения автомобиля (рис. 13.3).



Рис. 13.3. Симулятор Mercedes-Benz

Комплексный танковый тренажер огневой подготовки командира и наводчика предназначен для обучения и тренировки наводчиков и командиров танка с целью приобретения ими устойчивых навыков боевой работы (рис. 13.4).

На тренажере выполняются упражнения:

- по разведке (обнаружению, распознаванию целей, целеуказанию, определению дальности до целей);
- по стрельбе из пушки артиллерийским снарядом и управляемой ракетой, а также из спаренного пулемета по появляющимся и движущимся целям (выработка установок для стрельбы, прицеливание, ведение огня, управление ракетой);
- подготовительные, аварийные и другие упражнения.

Учебные упражнения выполняются на участках виртуальной местности различного типа: равнинно-степного, горно-пустынного и др. Размер участка составляет 5×5 км. Трехмерная модель участка местности позволяет моделировать движение танка и целей по всей его территории. Полет снарядов, пуль, управляемых ракет моделируется в соответствии с их реальными баллистическими характеристиками, а также с учетом метеорологических и баллистических условий стрельбы. Имитируются внутренние и внешние по отношению к танку звуковые эффекты, а также визуальные эффекты (взрыв снаряда, горение трассера, пыль и др.).

В качестве виртуальных целей используются модели мишеней и реальных объектов: танка, БТР, БМП, ПТУР на автомобиле, вертолета, ростовой фигуры, пулеметного расчета и др. (рис. 13.5–13.6).



Рис. 13.4. Модуль боевого отделения

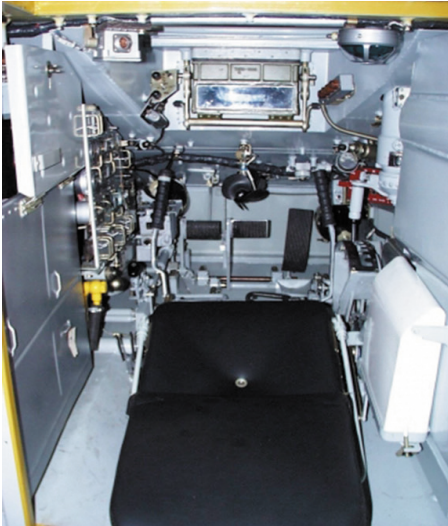


Рис. 13.5. Отделение механика-водителя танка Т-72



Рис. 13.6. Тренажер подготовки гранатометчиков РПГ-7В (9Ф700-1)

Ученые из Токийского университета разработали ультразвуковой тактильный дисплей с передачей сигнала по воздуху. Изобретение представляет собой трехмерный голографический сенсорный экран, оснащенный вогнутым зеркалом, на котором формируется графическое изображение, и генератором, моделирующим давление акустического излучения.

Благодаря этому дисплей при движениях рукой создает ощущение физического контакта с проецируемыми трехмерными объектами. То есть пользователь может физически ощутить текстуру поверхности или падение капель воды на ладонь. Пока о возможном практическом применении данного изобретения информации нет.

13.2. Использование зрительной информации в авиационных тренажерах

Динамическая DOF-платформа (Depth-of-field) предназначена для передачи динамики происходящего на экране испытуемому и способствует более полному погружению в виртуальный мир.

Движения платформы должны быть точно согласованы с изображением на мониторе, чем больше степеней свободы может обеспечить платформа, тем более реальны впечатления у пользователя.

По исполнению различают **DOF-платформы с различными доступными степенями свободы**:

- 2-DOF-платформа обладает двумя степенями свободы: может двигаться вперед-назад и наклоняться вправо-влево. Подходит для создания игровых аттракционов и обучающих тренажеров, к примеру авто- и авиасимуляторов;
- 3DOF-платформа помимо наклонов в горизонтальной плоскости может перемещаться вдоль вертикальной оси. Может использоваться для аттракционов, тренажеров и 4D-, 5D-кинотеатров;

- 4-DOF-платформа позволяет перемещать платформу вверх-вниз, а также обеспечивает наклоны вдоль продольной, вертикальной и поперечной оси. Это самый оптимальный вариант для создания полноценного симулятора движения как по цене, так и по качеству получаемых ощущений и впечатлений;

- 6-DOF-платформа – наиболее сложный и продвинутый тип платформ. Платформа обладает шестью степенями свободы, может служить основой для специфичных тренажерных модулей, например, танковых, где можно добиться полного соответствия физического воздействия на тело человека с видео-рядом, сопровождающим движение платформы.

Подготовка пилотов на авиационном тренажере — один из важнейших этапов обеспечения безопасной эксплуатации летной техники (рис. 13.7).



Рис. 13.7. Авиатренажер для пилотов FNPT-1

Тренажер FNPT-1 представляет собой двухместную кабину реального самолета с большим проекционным экраном визуализации. Заднее рабочее место кабины тренажера оборудовано приборами и может выполнять функцию второго рабочего места инструктора, а также использоваться в летной подготовке пилотов-инструкторов и при выполнении ими периодических тренировок и квалификационных проверок. Оборудование авиатренажера полностью соответствует оригинальному самолету.

Тренажер предоставляет возможность моделирования внештатных ситуаций, таких, как отказ двигателя, возникновение пожара, неисправности различных систем самолета, штопор и многое другое при реалистичности восприятия 95 %.

Использование авиационного тренажера в обучении позволяет минимизировать негативное влияние человеческого фактора, т. е. позволяет свести к минимуму возможность ошибочных действий экипажа, а также сократить расходы на обучение курсантов.

На занятиях на таком авиатренажере появляется понимание и привыкание к таким явлениям, как турбулентность, воздушные ямы, крены самолета,

исчезает страх полета, происходит замена рефлекса «страх» на рефлекс «релаксация», человек учится смотреть на полет на самолете глазами пилота.

«**Виртуальная сфера**» представляет собой полую сферу для свободного перемещения пользователя по виртуальному миру. Сфера устанавливается на колеса-опоры, благодаря которым она может свободно вращаться в любом направлении. Положение и жесты пользователя определяются по показаниям датчиков, фиксирующих величину углов между частями тела (рис. 13.8).

Области применения:

- тренировка военных, полицейских и людей других опасных профессий в условиях, близких к реальным;
- игры и развлечения;
- здоровье и физическая культура;
- образование и музеи;
- архитектура и 3D-экскурсии;
- виртуальный туризм.

В современных боевых самолетах и вертолетах часто используется **нашлемная система индикации**. Она позволяет пилоту получать наиболее важную информацию прямо на фоне наблюдаемой им обстановки, не отвлекаясь на основную приборную панель. Это позволяет сэкономить драгоценные секунды, например, во время маневренного воздушного боя. Также многие подобные системы позволяют производить целеуказание путем поворота головы или движений глазных яблок (рис. 13.9).



Рис. 13.9. IT-шлем пилота



Рис. 13.8. Тренировочная виртуальная сфера

Виды авиационных тренажеров:

- процедурные тренажеры (Flight Procedures Training Device (FPTD));
- комплексные тренажеры (Full Flight Simulator (FFS));
- система визуализации;
- система подвижности;
- групповые тренажеры (Full Mission Simulator (FMS)).

В современной практике подготовки пилотов гражданской авиации наибольшее распространение получили комплексные (FFS) и процедурные (FPTD) тренажеры.

С развитием техники авиационные тренажеры достигли такого уровня развития, что подготовка пилотов на тренажерах стала более эффективной, чем подготовка на реальных самолетах. Это связано с тем, что в реальном полете экипаж вынужден уделять значительное время выполнению рутинных операций, не связанных с выполнением конкретных задач обучения. В то же время на тренажере специальное программное обеспечение позволяет мгновенно менять условия полета, погоду, географическое положение, останавливать выполнение задания для разбора и повтора и т. д. Также на тренажере можно без ограничений выполнять отработку действий в нештатных ситуациях, которые либо опасны для отработки в реальном полете, либо вообще их отработка в реальном полете запрещена. Кроме этого, подготовка пилотов на авиатренажерах выгодна с экономической точки зрения (несмотря на высокую стоимость современных тренажеров, приближающуюся к стоимости самого самолета) (рис. 13.10–13.11).



Рис. 13.10. Авиатренажер



Рис. 13.11. Тренажерный шлем пилота

В военной авиации авиационные тренажеры представляют особую ценность, т. к. они позволяют практически без ограничений имитировать реальную боевую обстановку, которую очень трудно симитировать в мирное время в ходе учений.

Процедурные тренажеры (Flight Procedures Training Device) предназначены для отработки экипажем процедур подготовки и выполнения полета.

В тренажерах такого назначения пульты, приборы и органы управления обычно имитируются с помощью сенсорных мониторов. Для удобства отдельные пульты и органы управления могут быть представлены в виде полноразмерных макетов. В представленном на рис. 13.10 варианте процедурного тренажера установлен имитатор козырька приборной доски пилотов, состоящий из пульта управления автопилотом и пультов сигнализации и приоритета. Также на тренажере установлены имитаторы лицевых панелей вычислительной системы самолетовождения.



Рис. 13.12. Комплексные тренажеры

Процедурные тренажеры не предназначены для приобретения навыков пилотирования. Поэтому они обычно не оборудуются системой визуализации.

Под **комплексными тренажерами** (Full Flight Simulator) понимают авиационные тренажеры, обеспечивающие подготовку экипажей в полном объеме их функциональных обязанностей по летной эксплуатации воздушного судна конкретного типа.

Комплексные тренажеры — это тренажеры самого высокого уровня. Как правило, они имеют систему подвижности. Кабина комплексного тренажера выполняется в виде полной реплики реальной кабины воздушного судна. На комплексные тренажеры устанавливаются передовые системы визуализации (рис. 13.12).

Если тренажеры гражданских самолетов достигли потолка своего развития для современного уровня элементной базы, то **групповые тренажеры** (Full Mission Simulator) продолжают иметь неограниченные возможности для своего совершенствования. Групповые тренажеры предназначены для отработки групповых боевых действий. Они объединены в единую сеть с помощью интерфейса HLA, который позволяет объединять разнородные тренажеры — авиационные, танковые, артиллерийские и др. (рис. 13.13).



Рис. 13.13. Групповые тренажеры

Авиационный (пилотажный) тренажер — это имитатор полета, предназначенный для наземной подготовки пилотов. В нем имитируется динамика полета и работа систем воздушного судна с помощью специальных моделей, реализованных в программном обеспечении вычислительного комплекса тренажера.

Он позволяет минимизировать негативное влияние человеческого фактора, т. е. позволяет свести к минимуму возможность ошибочных действий групп.

В Центре научно-технических услуг «Динамика» в Жуковском созданы три новых учебно-тренировочных комплекса (УТК) для подготовки летного и инженерно-технического состава самолетов Су-33, МиГ-31 и Су-24М. С помощью обучающих комплексов можно получить не только практические навыки, но и теоретические знания по управлению самолетом. Система позволяет изучать назначение, состав, размещение и принцип работы общесамолетного оборудования, осуществлять автоматизированный контроль знаний обучаемых, проводить индивидуальные и групповые занятия с использованием видеопроекционного комплекса, анализировать результаты обучения (рис. 13.14–13.15).



Рис. 13.14. Авиационный (пилотажный) тренажер



Рис. 13.15. Пилотажный тренажер

Все три обучающих комплекса могут интегрироваться в тренажерные комплексы любой степени сложности. Их особенностью является наличие объектной модели, позволяющей функционировать вместе с другими тренажерами в единой информационно-моделирующей среде на основе архитектуры распределенного моделирования HLA (High Level Architecture).

По оценкам специалистов авиации США, в течение ближайших 20 лет количество самолетов, используемых для коммерческих полетов, увеличится вдвое. Это станет серьезным испытанием для авиадиспетчеров, которым придется внедрять новые технологии управления авиационными потоками как на земле, так и в воздухе. Для этого НАСА создало симулятор настоящей

башни авиадиспетчеров стоимостью в 110 млн дол. США (рис. 13.16). Она дает возможность симулировать работу крупнейших аэропортов мира, позволяя в реальном времени испытывать новые технологии управления перемещением самолетов.



Рис. 13.16. Симулятор башни управления полетами

Это двухэтажное сооружение, в котором могут одновременно работать 12 операторов. В то время как «пилот» заходит на посадку, «диспетчер» отслеживает его координаты, а «инженер» наблюдает за техническим состоянием воздушного судна. «Диспетчер» и «инженер» могут одновременно контролировать сразу несколько «рейсов». Подвижные модели самолетов, которые прилетают и улетают из аэропорта, — это совершенно обособленные, самостоятельные симуляторы.

Мозговым центром башни является суперкомпьютер RealityMonster. Именно он обеспечивает вывод симуляции на 12 видеоэкранов башни, имитирующих настоящие окна. Суперкомпьютер позволяет моделировать помимо обстановки аэропорта погодные эффекты и до 200 одновременно движущихся самолетов и машин наземного обслуживания.

Жизнь «диспетчерам» и «пилотам» можно усложнить: симулятор добавит в аэропорт заправщиков, грузчиков, автобусы с пассажирами, тягачи — и все они будут функционировать, ломаться и требовать внимания в реальном времени.

Башня также может использоваться и в других симуляционных целях. В частности, в будущем планируется, что ее услугами смогут воспользоваться специалисты из отделения автономных роботов НАСА для создания комнат управления межпланетными миссиями, состоящими из роботизированных машин.

13.3. Особенности отображения информации на тренажерах для железнодорожного транспорта

В рамках английской программы по изучению безопасности на железнодорожном транспорте (Railway Safety Research Programme) разрабатываются спецификации на симуляторы для изучения влияния человеческого фактора и программа соответствующих исследований. В числе других требований к тренажерам железнодорожного транспорта выдвигается наличие высококачественных видео- и аудиовозможностей (рис. 13.17).



Рис. 13.17. Железнодорожный тренажер

Тренажер дежурного по станции (ДСП) в его аппаратно-программной реализации представляет собой макет пульта-табло маршрутно-релейной централизации станции. В верхней части макета расположена плазменная панель, соединенная с управляющим компьютером. На ней отображается 3D-мнемосхема поездной обстановки на станции.

Пульт создан конфигурируемым и позволяет сконструировать тренажеры ДСП для любой станции (в состав программного обеспечения тренажера входит САПР, позволяющая автоматизировать такие работы).

Программное обеспечение позволяет использовать тренажер ДСП как в автономном режиме, так и в режиме коллективной работы при проведении деловых игр. Оригинальная конструкция реального пульта-табло маршрутно-релейной централизации станции не включает в себя каких-либо устройств отображения информации, аналогичных плазменной панели, закрепленной на тренажере ДСП. Однако обучающимся, особенно на ранних этапах подго-

товки, представляется затруднительным ориентироваться в ситуации по индикаторам путевых секций пульта. Возможность сверять поездную обстановку, изображенную на мнемосхеме пульта и на 3D-мнемосхеме, значительно упрощает понимание производимых манипуляций. Поэтому применение трехмерной графики в тренажере ДСП представляется вполне оправданным.

Анализ данных показывает, что в большинстве случаев для визуализации используется трехмерная графика. В частности, такой подход был опробован и при создании тренажера машиниста (рис. 13.18).



Рис. 13.18. Тренажер машиниста

Альтернативой созданию трехмерных сцен является использование видеозаписи. В тренажере машиниста в рамках создания лабораторно-тренажерного комплекса «Виртуальная железная дорога» (ЛТК «ВЖД») этот подход используется как основной.

Эта техника может использоваться для демонстрации учебных фильмов, для проекции изображения на стекло макета кабины машиниста, как компонент рабочего места дежурного по станции и т. д.

13.4. Специфика визуализации на тренажерах для морской навигации

Новейшая система визуализации Seagull 5000, применяемая в широкоизвестном навигационном тренажере Navi-Trainer Professional, позволяет моделировать большой спектр эффектов взаимодействия с водной стихией. В этом тренажере инструктор может отдельно управлять ветровым волнением моря, зябью. Можно моделировать такие водные эффекты, как прозрачность, пена, брызги, трехмерное отображение носового буруна и др. Список решаемых данным тренажером задач довольно широк. Здесь есть возможности отработки маневрирования и управления судном, а также других компетенций судоводителей (рис. 13.19).



Рис. 13.19. Симулятор для судоводителей

Рабочая станция инструктора обеспечивает преподавательский состав необходимыми инструментами для эффективной разработки упражнений, их выполнения и разбора (рис. 13.20).



Рис. 13.20. Рабочая станция инструктора

Задачи, решаемые рабочей станцией:

- разработка упражнений;
- планирование упражнений и условий плавания, сценариев аварийных ситуаций, отказов оборудования и систем и т. д.;
- предварительное проигрывание создаваемых упражнений.

Проведение упражнений обеспечивает:

- оперативный контроль за ходом выполнения упражнения;
- управление морскими и воздушными целями (курс, маршрут, скорость, огни, сигналы, неисправности и т. д.);
- управление буксирами (вручную или автоматически), швартовку, работу буксирными концами, работу с якорями;
- управление условиями внешней среды (освещенность, видимость, волнение моря, сила и направление ветра, дрейф, ледовая обстановка, приливы, течения, облака и т. д.);

- введение ошибок и неисправностей в любую систему управления и мониторинга окружающей среды и судовых систем.

Анализ и разбор упражнений позволяют получить:

- запись, архивирование и документирование выполненных упражнений;
- воспроизведение любого эпизода упражнения во временном масштабе на станциях разбора упражнений, а также на любом ходовом мостике и станции ГМССБ;
- возможность «переиграть» ситуацию с любого момента времени с исходными или измененными условиями.

Для использования в тренажерах предлагается библиотека судов различного класса, в том числе контейнеровозы, танкеры, рыболовецкие и пассажирские суда, паромы, буксиры и т. д. Математические модели судов и судового оборудования, физических сил и эффектов разработаны на основе результатов исследований ведущих научных центров и соответствуют самым высоким мировым стандартам.

13.5. Системотехнические компоненты устройств для навигации и локации на местности автомобиля, человека

Автомобильная навигационная система предназначена для определения положения транспортного средства, выбора и сопровождения маршрута движения.

Различают несколько видов автомобильных навигационных систем: штатная, мобильная, а также навигационное программное обеспечение портативных компьютеров и смартфонов.

Программное обеспечение автомобильной навигационной системы включает операционную систему, навигационную программу, другие прикладные программы (офисные приложения, мультимедиапроигрыватель, игры, программы для чтения электронных книг и др.).

Навигационная программа построена на электронной карте. В автомобильных навигаторах используются в основном векторные электронные карты, поддерживающие маршрутизацию. Векторная карта включает множество объектов с их географическими координатами.

Если планируется перемещение на автомобиле по бездорожью, то необходима навигационная программа с растровой картой. В отличие от векторной растровая карта представляет собой изображение местности (перенесенная бумажная карта или спутниковая фотография), привязанное к географическим координатам.

Определение положения (позиционирование) автомобиля осуществляется по сигналам навигационных спутников. Для того чтобы определить положение (широту и долготу) автомобиля на местности, нужно принять сигналы минимум трех спутников. Сигнал от четвертого спутника позволяет опреде-

лить еще и высоту над уровнем моря. При получении сигналов GPS-приемник вычисляет расстояние до каждого спутника, на основании которого определяются пространственные координаты автомобиля (рис. 13.21).



Рис. 13.21. Система локации на местности автомобиля

Структурная схема локации на местности представлена на рис. 13.22.

Аппаратная часть. В GPS-навигаторе присутствуют несколько важных компонентов, от которых во многом зависит точность и качество работы прибора:

- GPS-чипсет – набор микросхем, в котором процессор – самая важная часть;
- процессор, который обеспечивает работу всего устройства, а также обрабатывает спутниковый сигнал, поступающий от GPS-модуля, вычисляя координаты;
- GPS-антенна, которая настроена на частоты, на которых передаются данные навигационных спутников;
- дисплей, служащий для отображения информации;
- оперативная память, обеспечивающая быстродействие навигатора;
- память BIOS, которая обеспечивает связь аппаратной и программной части;
- встроенная flash-память, которая используется для хранения операционной системы, ПО и пользовательских данных;
- другие элементы платы – GPRS-модуль, Bluetooth-модуль, радиоприемник и т. д. Наличие этих элементов зависит от архитектуры конкретной модели навигатора;
- разъемы (внешние интерфейсы): разъем внешнего питания, гнездо для подключения наушников, слоты для карт памяти и SIM-карт. Набор разъемов зависит от особенностей конкретной модели навигатора.

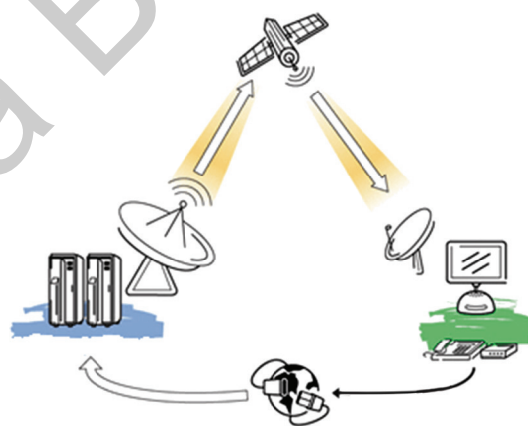


Рис. 13.22. Структурная схема

Программная часть. В общем случае программная часть состоит из следующих элементов:

- BIOS – микропрограммы, обеспечивающей операционной системе API доступ к аппаратуре навигатора;
- операционной системы (собственной ОС (как правило, на базе существующих) или ОС стороннего производителя). Наиболее популярная ОС стороннего производителя – Windows CE;
- программной оболочки, обеспечивающей удобную работу с программным обеспечением навигатора и содержащей необходимые библиотеки для корректной работы программ;
- навигационной программы собственной разработки или ПО стороннего производителя. Наиболее популярные навигационные программы сторонних производителей – CityGuide, Навител Навигатор и др.;
- дополнительных приложений – мультимедийные приложения, игры и другие программы, как правило, предустановленные производителем.

В навигаторах некоторых производителей отдельные элементы программной части могут быть объединены. Например, функции программной оболочки может выполнять операционная система, а дополнительные приложения входить состав навигационной системы.

Глава 14

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ АТОМНЫХ СИЛОВЫХ МИКРОСКОПОВ И НАНОТЕХНИКИ

14.1. Силовые манипуляторы с тактильной обратной связью для атомных силовых микроскопов



Рис. 14.1. Зондовая нанолаборатория «ИНТЕГРА-Спектра»

Зондовая нанолаборатория «ИНТЕГРА-Спектра» – предназначена для одновременного проведения исследований образцов с помощью конфокальной рамановской сканирующей и атомно-силовой микроскопии (рис. 14.1).

Основные технические характеристики зондовой нанолаборатории:

1. Поддерживает измерительные методики на воздухе и в жидкости (опционально):

1) контактную атомно-силовую микроскопию;

2) резонансную атомно-силовую микроскопию;

- 3) сканирующую емкостную микроскопию;
 - 4) магнитно-силовую микроскопию;
 - 5) электросиловую микроскопию.
2. Поддерживает оптические измерительные методики:
- 1) отображения темного поля;
 - 2) рамановскую микроскопию;
 - 3) флуоресцентную микроскопию;
 - 4) лазерную микроскопию.

Физический принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ) представлен на рис. 14.2. В основе сканирующей зондовой микроскопии лежит детектирование локального взаимодействия, возникающего между зондом и поверхностью исследуемого образца при их взаимном сближении. Для регистрации силового взаимодействия между зондом и поверхностью в атомно-силовом микроскопе используются специальные зондовые датчики, представляющие собой упругую консоль (кантилевер) с острым зондом на конце.

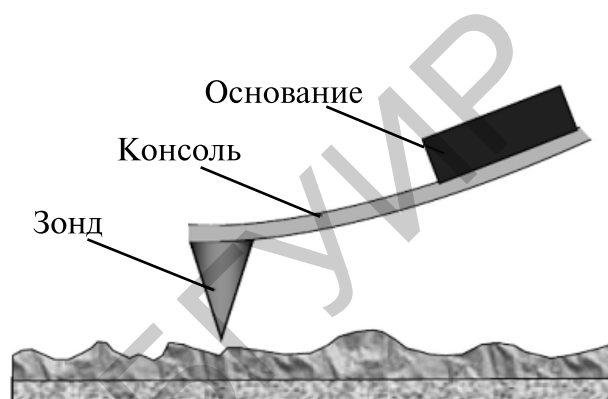


Рис. 14.2. Схематическое изображение зондового датчика АСМ

В атомно-силовом микроскопе взаимодействие является силовым взаимодействием зонда и образца (рис. 14.3–14.4).

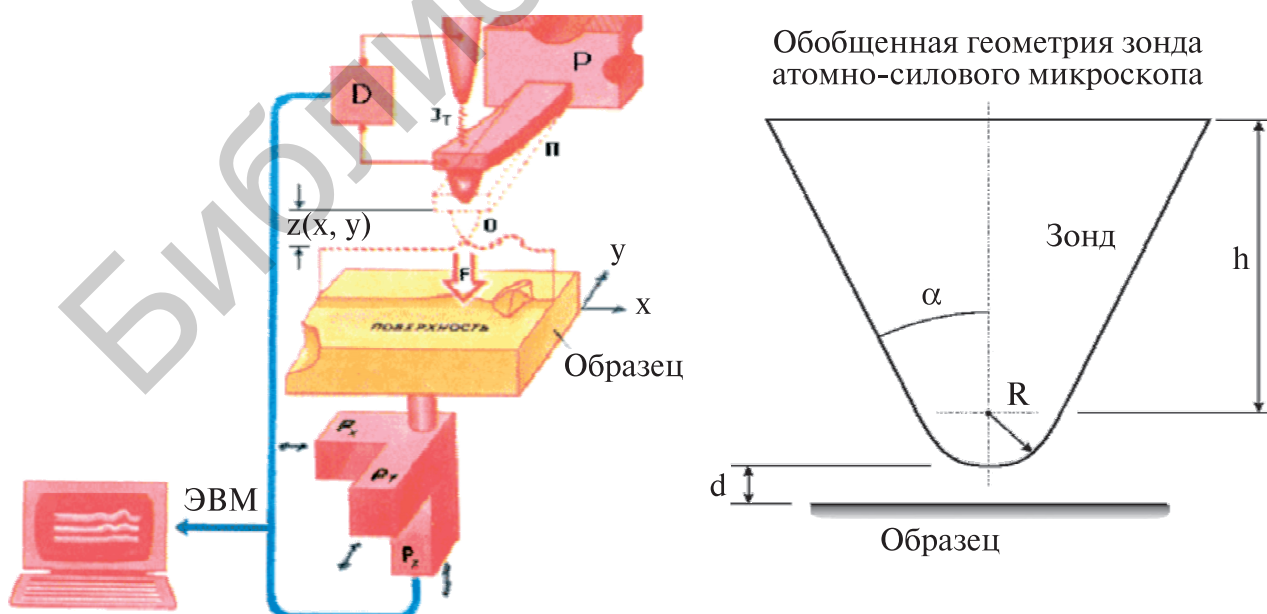


Рис. 14.3. Принцип работы:
 h — высота зонда; R — радиус кривизны кончика;
 d — расстояние между зондом и образцом

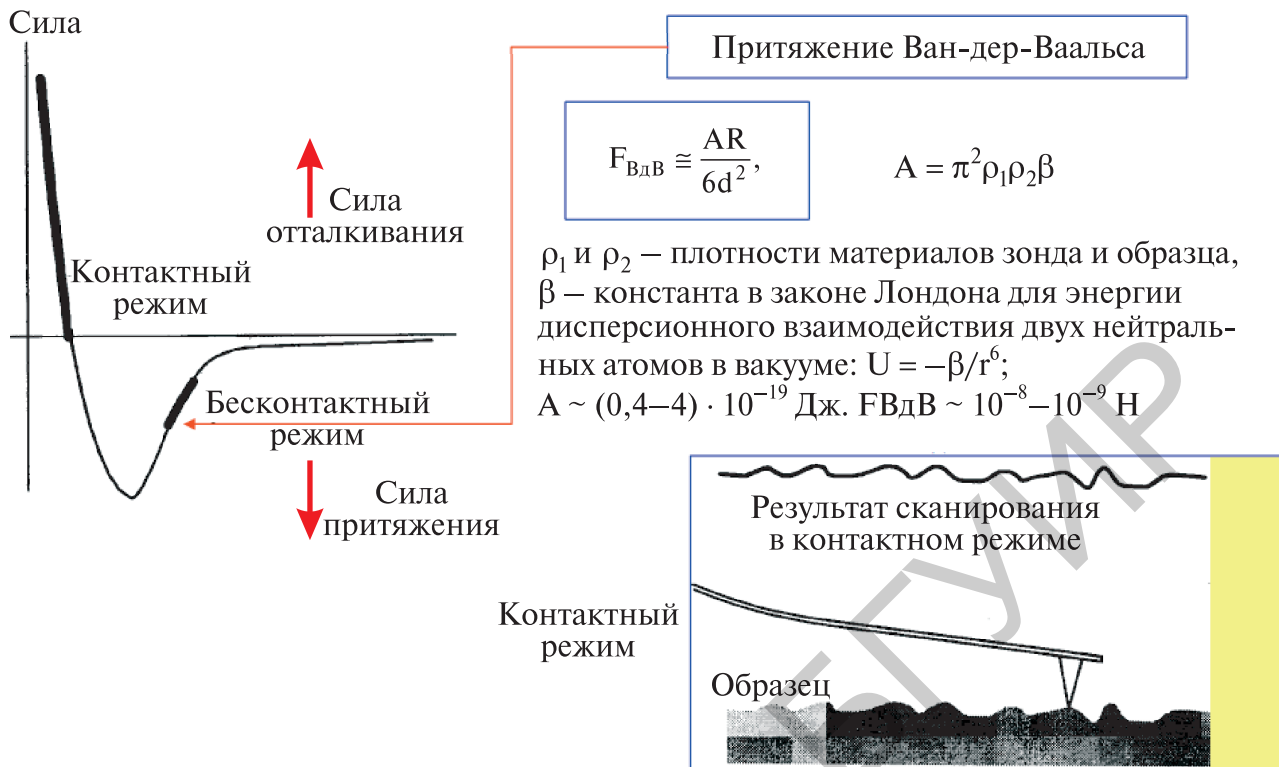


Рис. 14.4. Баланс силового взаимодействия зонда и образца

Типичные параметры: $h = 3-15$ мкм, $R = 5-40$ нм, $\alpha = 10-35^\circ$.

14.2. Системотехнические элементы манипулятора

Датчики изготавливаются методами фотолитографии и травления из кремниевых пластин. Упругие консоли формируются из тонких слоев легированного кремния. На конце кантилевера формируется пирамидальный зонд. Радиус закругления современных зондов АСМ составляет 1–50 нм. Принцип действия силового датчика основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. Совершенно аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами. В атомно-силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над ней острие. При изменении силы, действующей между поверхностью и острием, кантилевер, на котором оно закреплено, отклоняется от положения равновесия, и такое отклонение регистрируется датчиком положения кантилевера. Таким образом, атомно-силовой сенсор представляет собой механический зонд, аналогичный обычному зонду механического профилометра. Однако его чувствительность настолько высока, что позволяет регистрировать силы взаимодействия между отдельными атомами. Отличительной особенностью атомно-силового микроскопа по сравнению с профилометром является наличие системы обратной связи, позволяющей управлять силой взаимодействия между зондом и образцом. Соотношение между силой F , действующей на зонд, и отклонением кантилевера x определяется законом Гука: $F = -kx$.

Возможно изготовление кантилевера с упругой константой k порядка 1 Н/м . Под действием силы взаимодействия между двумя атомами порядка $0,1 \text{ нН}$ величина отклонения таких кантилеверов составляет порядка $0,1 \text{ нм}$.

При приближении зонда к образцу он сначала притягивается к поверхности, благодаря наличию сил Ван-дер-Ваальса. Эти силы обычно доминируют на достаточно больших расстояниях, когда перекрытие волновых функций атомов взаимодействующих тел несущественно. По сравнению с характерными энергиями химической связи энергия ван-дер-ваальсова взаимодействия мала. При дальнейшем приближении зонда к образцу электронные оболочки атомов на конце иглы и атомов на поверхности образца начинают перекрываться, что приводит к появлению отталкивающей силы. При дальнейшем уменьшении расстояния отталкивающая сила становится доминирующей.

В общем виде зависимость силы межатомного взаимодействия F от расстояния между атомами R имеет вид

$$F(R) = -\frac{a}{R^m} + \frac{b}{R^n}.$$

Константы a и b и показатели степени m и n зависят от сорта атомов и типа химических связей. Для сил Ван-дер-Ваальса, которые являются наиболее дальнедействующими из некулоновских сил, $m = 7$, $n = 13$.

Реальное взаимодействие зонда с образцом имеет более сложный характер, однако основные черты данного взаимодействия сохраняются – зонд АСМ испытывает притяжение со стороны образца на больших расстояниях и отталкивание на малых. При перемещении зонда вдоль поверхности образца происходит изменение параметра взаимодействия, обусловленное рельефом поверхности (рис. 14.5).

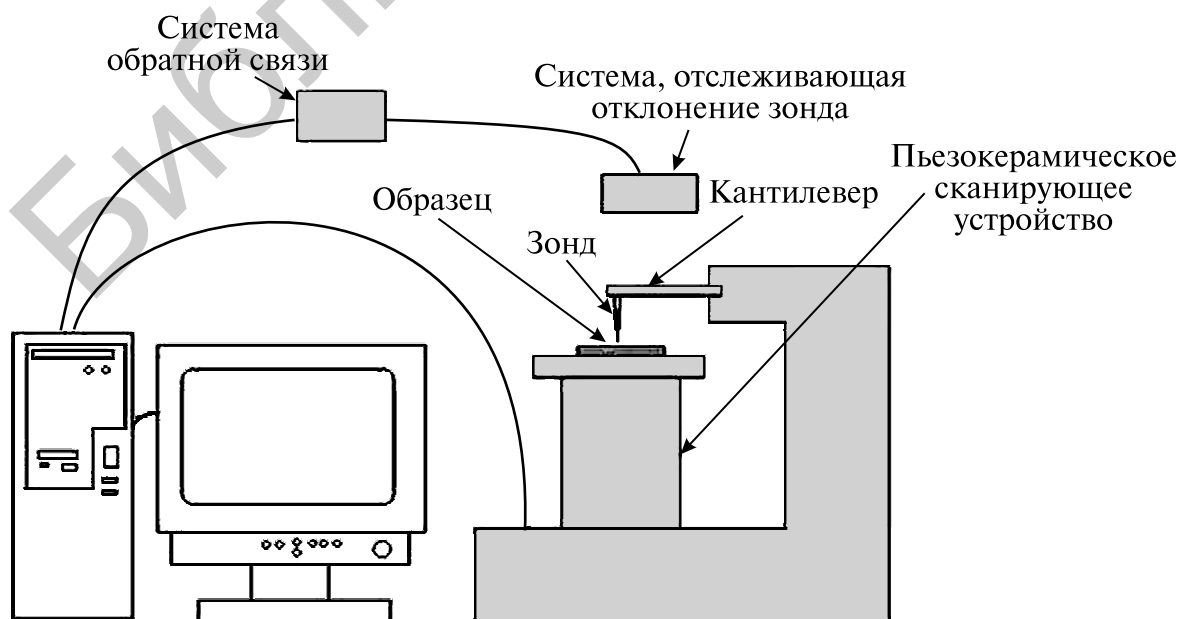


Рис. 14.5. Структурная схема

Система обратной связи обрабатывает эти изменения, так что при перемещении зонда в плоскости XY сигнал на исполнительном элементе оказывается пропорциональным рельефу поверхности. При сканировании зонд вначале движется над образцом вдоль определенной линии (строчная развертка), при этом величина сигнала на исполнительном элементе, пропорциональная рельефу поверхности, записывается в память компьютера. Затем зонд возвращается в исходную точку и переходит на следующую строку сканирования (кадровая развертка), и процесс повторяется вновь. Записанный таким образом при сканировании сигнал обратной связи обрабатывается компьютером, и затем изображение, полученное со сканирующего зондового микроскопа (СЗМ-изображение) рельефа поверхности $Z = f(x, y)$, строится с помощью средств компьютерной графики (рис. 14.6).

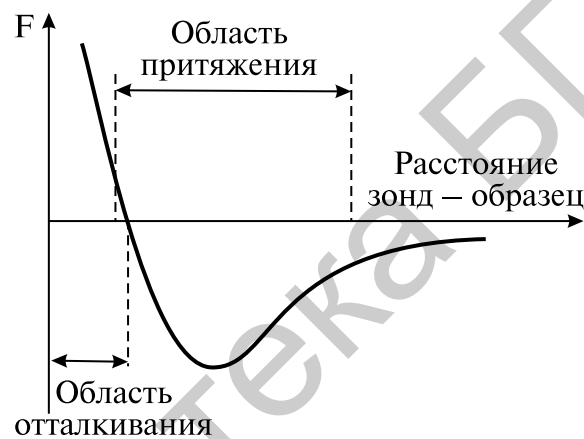


Рис. 14.6. Зависимость сил взаимодействия между атомами от расстояния между ними

Информация, полученная с помощью СЗМ, хранится в виде двухмерного массива целых чисел a_{ij} (матрицы). Физический смысл данных чисел определяется той величиной, которая оцифровывалась в процессе сканирования. Каждому значению пары индексов ij соответствует определенная точка поверхности в пределах поля сканирования. Как правило, такие массивы чисел представляют собой квадратные матрицы, имеющие размер 256×256 или 512×512 элементов. Визуализация СЗМ-данных производится средствами компьютерной графики в основном в виде трехмерных и двухмерных яркостных (или цветовых) изображений. В последнем случае яркость или цвет однозначно связаны с представляемой величиной в данной точке поверхности.

При работе АСМ в контактном режиме (рис. 14.7) используются кантилеверы с относительно малыми коэффициентами жесткости ($0,01-0,2$ Н/м), что позволяет обеспечить высокую чувствительность и избежать нежелательного чрезмерного воздействия зонда на образец.



Рис. 14.7. Основные режимы работы АСМ

В этом режиме работы взаимодействие зонда и образца осуществляется в области действия сил отталкивания. Сила F , действующая на зонд со стороны поверхности, приводит к изгибу кантилевера. Величина изгиба регистрируется с помощью оптической системы, состоящей из полупроводникового лазера и четырехсекционного фотодиода (рис. 14.8).

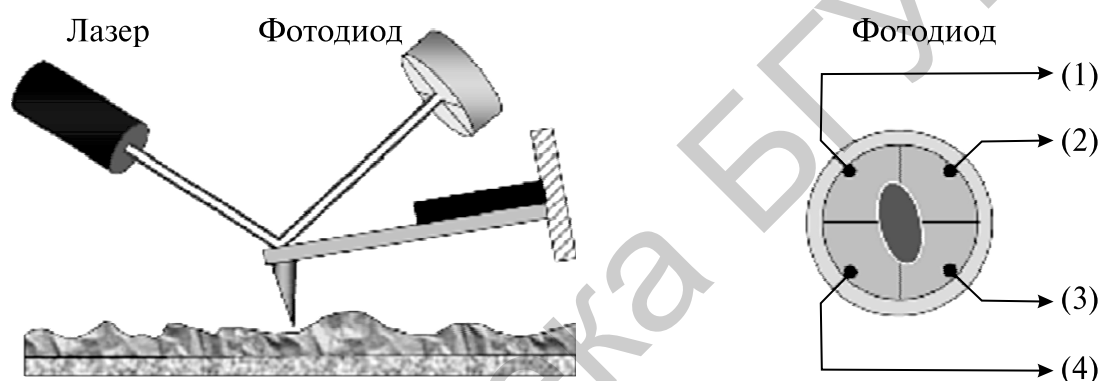


Рис. 14.8. Формирование АСМ-изображения между зондовым датчиком и образцом

Оптическая система АСМ юстируется таким образом, чтобы излучение лазера фокусировалось на конце кантилевера, а отраженный луч попадал в центр фотодетектора. При изгибе кантилевера под действием контактных сил отраженный от него луч лазера смещается относительно центра фотодетектора (рис. 14.9).

В контактном режиме АСМ-изображение рельефа исследуемой поверхности формируется либо при постоянной силе взаимодействия зонда с поверхностью, либо при постоянном среднем расстоянии между основанием зондового датчика и поверхностью образца. При сканировании образца в режиме постоянной силы система обратной связи поддерживает постоянной величину изгиба кантилевера, при этом управляющее напряжение, подающееся на Z -электрод сканера, будет пропорционально рельефу поверхности образца. Недостаток контактных

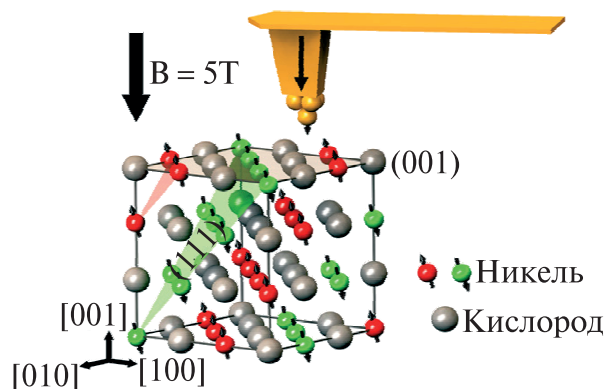


Рис. 14.9. Схема оптической регистрации изгиба консоли зондового датчика АСМ

АСМ-методик – непосредственное механическое взаимодействие зонда с поверхностью. Это часто приводит к поломке зондов и разрушению поверхности образцов в процессе сканирования.

14.3. Системы управления силовыми ядерными микроскопами

Основными составными частями атомно-силового микроскопа являются зонд; пьезоэлектрические двигатели для прецизионного перемещения зонда над поверхностью исследуемого образца; электронный сенсор, детектирующий величину локального взаимодействия между зондом и образцом; компаратор, сравнивающий текущий сигнал в цепи сенсора $V(t)$ с изначально заданным V_S и при его отклонении вырабатывающий корректирующий сигнал V_{fb} ; электронная цепь обратной связи, управляющая положением зонда по оси z ; компьютер, управляющий процессом сканирования и получением изображения.

Для контролируемого перемещения иглы на сверхмалых расстояниях используются пьезокерамические двигатели. Используемые в них *пьезокерамические материалы изменяют свои размеры под действием приложенного к ним электрического напряжения* (пьезоэлектрический эффект). Таким образом, осуществляется прецизионное позиционирование иглы.

14.4. Когнитивные технологии отображения увеличенной видеосцены

MFP-3D XY-сканер позиционирования – имеет характеристики точности и воспроизводимости, превосходящие любые другие трубчатые сканеры (рис. 14.10).

В микроскопе MFP-3D установлен изогнутый сканер и запатентованная система сканеров NPS™, которая контролирует движение по всем координатам с высочайшей точностью. Сканеры учитывают гистерезис (неоднозначность зависимости удлинения от направления изменения электрического поля) и крип пьезокерамики (запаздывание реакции на изменение величины управляющего электрического поля), обеспечивающие плоское сканирование и возможность точного увеличения и смещения одним кликом мыши (рис. 14.11).



Рис. 14.10. Сверхточная настройка зонда NPS™

Манипулятор с тактильной обратной связью для атомного микроскопа включает в себя:

- инженерные рукоятки;
- компьютерный интерфейс с обратной тактильной связью.

Манипулятор позволяет пользователю наномикроскопа взаимодействовать с ми-

кропредметом через компьютер через осязание и зрение. Манипулятор Force Dimension позволяет пользователю ощущать обратную осязательную связь с объектами. Force Dimension имеет исполнение в первом варианте (перемещение по трем координатам и повороты) и во втором варианте (перемещения по трем координатам).

Когда устройство с обратной тактильной связью связано с AFM, оператор может контролировать перемещение зонда и его микроманипуляции интуитивно понятным способом. А именно:

- во-первых, движение руки оператора «оцифровывается» и уменьшается в миллионы раз для передачи сканирующему зонду;
- во-вторых, обратная отдача зонда увеличивается в миллионы раз и передается руке оператора.

14.5. Экзоскелет с тактильной обратной связью

Экзоскелет (греч. $\acute{\epsilon}\xi\omega$ – внешний и $\sigma\kappa\epsilon\lambda\epsilon\tau\omicron\varsigma$ – скелет) – устройство, предназначенное для увеличения силы человека за счет внешнего каркаса.

Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях (рис. 14.12).

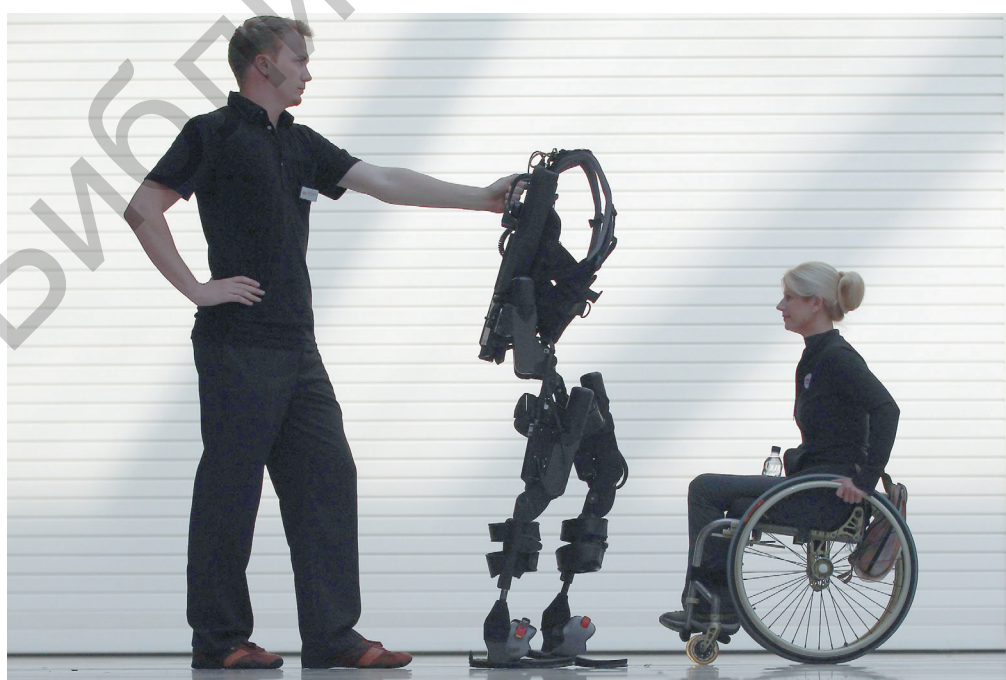


Рис. 14.12. Экзоскелет

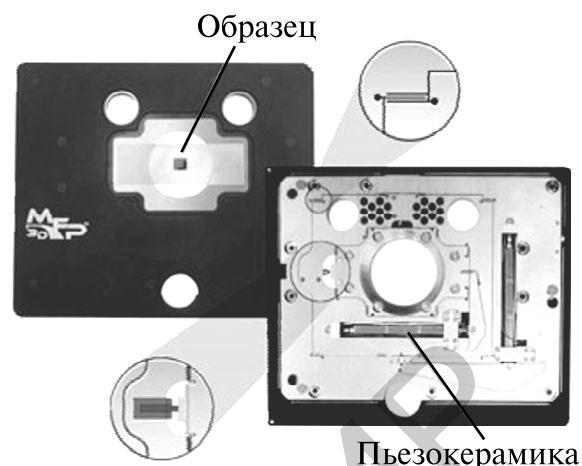


Рис. 14.11. Конструкция MFP-3D XY сканера

Первый экзоскелет был совместно разработан General Electric в 1960-х гг. и назывался Hardiman. Он мог поднимать 110 кг при усилии, применяемом при подъеме 4,5 кг. Однако он был непрактичным из-за его значительной массы в 680 кг. Проект не был успешным. Любая попытка использования полного экзоскелета заканчивалась интенсивным неконтролируемым движением, в результате чего никогда не проверялся с человеком внутри. Дальнейшие исследования были сосредоточены на одной руке. Хотя она должна была поднимать 340 кг, ее вес составлял три четверти тонны, что в два раза превышало подъемную мощность. Без получения вместе всех компонентов для работы практическое применение проекта Hardiman было ограничено.

В лаборатории университета Гифу в Японии занимаются исследованиями и разработкой сенсорного интерфейса, который в сочетании с 3D-дисплеями может дать человеку новый способ имитации прикосновения к различным объектам.

Робот HIRO III имеет тактильный робототехнический интерфейс, который позволяет обеспечить человеку реалистичные кинестетические и тактильные ощущения в руках и пальцах пользователя. А 3D-дисплей позволяет «увидеть» одновременно все это на экране (рис. 14.13).

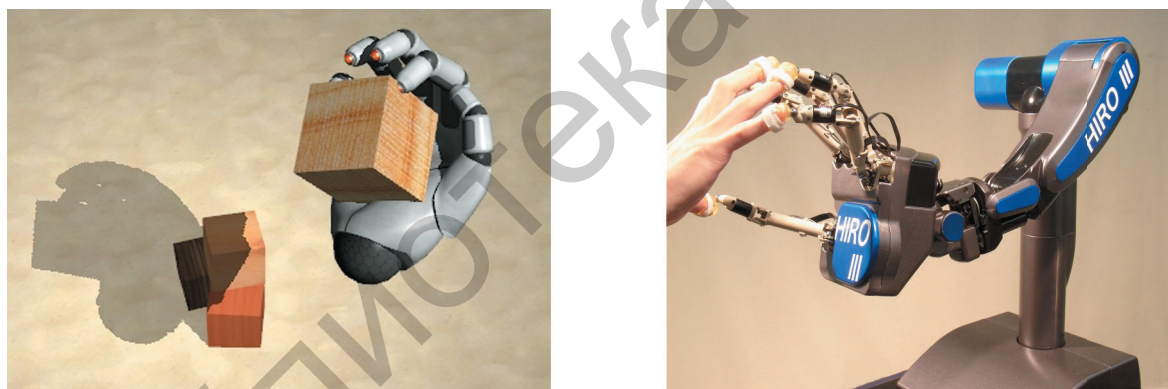


Рис. 14.13. Робот HIRO III

Оператор видит 3D-изображение на экране, а затем осязает его с помощью HIRO III, где каждый палец человека прикреплен к одному из пальцев робота.

Робот HIRO III может иметь большой потенциал для использования в области телемедицины, обучения медицинской диагностике, компьютерных играх, а также в управлении на расстоянии различными объектами и т. п.

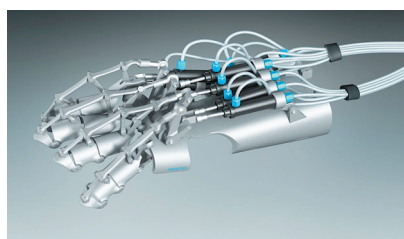


Рис. 14.14. Экзоскелет для кисти руки

В Институте робототехники Университета Карнеги — Меллона разрабатывается экзоскелет для кисти руки (рис. 14.14). Цель проекта — сконструировать легковесный, удобный для биопротезирования прибор для кисти руки, который был бы использован людьми с проблемами в верхнем спинном мозге, не имеющими возможности полностью управлять верхними конечностями, в том числе кистями.

Главная «механическая» цель включает три подзадачи: сжимание, указание и схватывание посредством прямого манипулирования пользовательскими сочленениями. Прибор управляется мускульными сигналами пользователя через электромиографические датчики, расположенные на поверхности кисти. Прототип системы был опробован на человеке, страдающем параличом четырех конечностей, — используя прибор, он смог манипулировать объектами, которые ранее были для него слишком тяжелы.

В Мичиганском университете ведется разработка роботизированного экзоскелета, который управляется непосредственно импульсами нервной системы носителя. У пациентов с повреждениями спинного мозга или определенными неврологическими расстройствами



Рис. 14.15. Роботизированный экзоскелет, управляющийся импульсами нервной системы человека

сигналы, командующие работой мышц, доходят с искажениями — таким людям трудно передвигаться, а разработка учебных поможет им ходить увереннее и быстрее. Воспринимаемые электродами системы нервные импульсы передаются компьютеру, который распознает сигналы и отдает приводам искусственных мышц соответствующие команды. По словам проектировщиков, в ходе испытаний его участникам удавалось осваивать управление конструкцией не более чем за полчаса (рис. 14.15).

Экзоскелет с тактильной обратной связью системы *Cybergrasp* был создан в лаборатории микродинамических систем в Питтсбурге. Система представляет собой экзоскелет и перчатку, позволяющую получать тактильные ощущения от взаимодействия с виртуальной средой. Это довольно гибкая система — ее элементы используются и для тренировки астронавтов NASA, и для трехмерной анимации на киностудиях (рис. 14.16).

Движение устройства, вес которого составляет 230 кг, обеспечивается за счет работы 18 электромоторов, мощности которых хватит на то, чтобы манипуляторы смогли поднять груз весом до 100 кг. Ключевая особенность данного экзоскелета заключается в уникальной системе управления: никаких джойстиков или кнопок — экзоскелет «понимает» движения рук и ног оператора, оценивает усилие, с которым они производятся, и пропорционально силе, прилагаемой человеком,

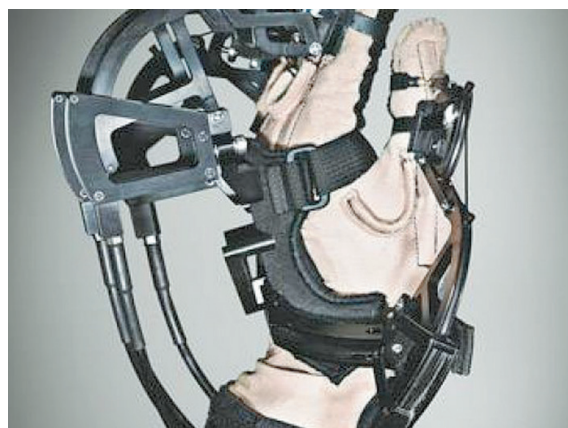


Рис. 14.16. Экзоскелет с тактильной обратной связью системы *Power Loader*

усиливает мощность своих движений. При этом оператор в состоянии понять, что манипуляторы могут поднять, а на что сил робота не хватает. Система обратной связи даст знать, когда силы роботизированных конечностей окажутся на пределе: оператору просто станет тяжелее двигать руками. Таким образом, Power Loader создается как своеобразное «продолжение» рук и ног оператора.

Рука-манипулятор марсохода Curiosity разработана компанией MDA Information Systems Inc., находящейся в Пасадене, Калифорния. Манипулятор имеет пять степеней свободы и достаточно силен, чтобы поднять и манипулировать 33-килограммовой рукой, которая может держать множество различных инструментов и научных приборов. В состав оборудования руки-манипулятора входят миниатюрная буровая установка, выносной спектрометр, цифровая оптическая лупа, сборщик проб и щетка для удаления пыли с места отбора проб (рис. 14.17–14.18).



Рис. 14.17. Рука-манипулятор марсохода Curiosity

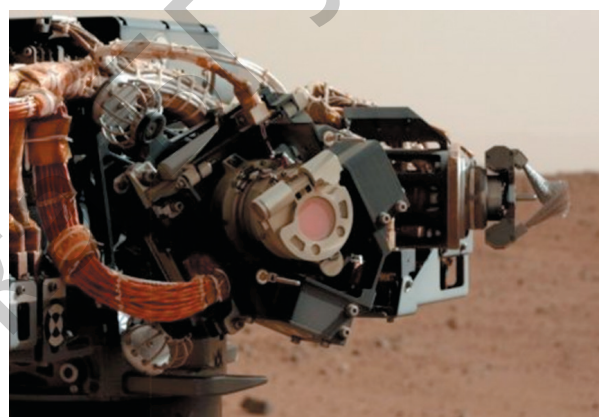


Рис. 14.18. Рука манипулятора

14.6. Понятие «интуитивно понятный интерфейс»

Онлайн-режим управления. Режим онлайн (режим реального времени) — режим работы автоматизированной системы обработки информации и управления, при котором учитываются ограничения на временные характеристики функционирования.

Виды временных характеристик:

- *deadline* — дедлайн — предельный срок завершения какой-либо работы;
- *latency* — латентность — время отклика (задержка реакции) системы на внешние события;
- *jitter* — джиттер — разброс значений времени отклика.

Системы реального времени (СРВ) — это любые системы, работающие в режиме реального времени.

Назначение систем, работающих в режиме реального времени, — взаимодействие с объектами внешнего (по отношению к системе) мира в темпе про-

цессов, протекающих в этих объектах. Как правило, система реального времени должна:

- либо по собственной инициативе воздействовать на внешние процессы в заданные моменты времени;
- либо реагировать на внешние события, происходящие на объекте, в течение заданных интервалов времени.

За своевременность воздействий на объект отвечает характеристика *deadline*. Задержка реакции на внешнее событие характеризуется значениями *latency* и *jitter*.

Примеры СРВ:

- АСУ ТП химического реактора;
- бортовая система управления космического аппарата;
- АСНИ в области ядерной физики;
- система обработки аудио- и видеопотоков при трансляции в прямом эфире;
- интерактивная компьютерная игра.

Проблемы СРВ. При создании систем реального времени приходится решать проблемы привязки внутрисистемных событий к моментам времени, своевременного захвата и освобождения системных ресурсов, синхронизации вычислительных процессов, буферизации потоков данных и т. п. Системы реального времени обычно используют специализированное оборудование (например таймеры) и программное обеспечение (например операционные системы реального времени).

Понятие «интуитивно понятный интерфейс». **Интерфейс** (англ. *interface* — поверхность раздела, перегородка) — граница раздела двух систем, устройств или программ, определенная их характеристиками, характеристиками соединения, сигналов обмена и т. п.

Интуиция (позднелат. *intuitio* — «созерцание», от глагола *intueor* — пристально смотрю) — чутье, пронизательность, непосредственное постижение истины без логического обоснования, основанное на воображении, эмпатии и предшествующем опыте.

Таким образом, понятие «интуитивно понятный интерфейс» используется для того, чтобы охарактеризовать работу пользователя с какой-либо системой (бытовой прибор, операционная система и т. д.), как удобную, не требующую много времени на изучение, а в идеале — не требующую времени на изучение. Такой характеристики интерфейсу добиваются с помощью обозначения команд действий и элементов стилизованными изображениями и значками, удобного и предполагаемого расположения элементов интерфейса и т. д.

Пример «интуитивно понятного интерфейса» — операционная система Windows позиционируется ее создателями из корпорации Microsoft как наиболее удобная и легкая в освоении из-за интуитивно понятного интерфейса.

В основу разработки практически любого графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface – GUI) положены три метафоры:

1. Рабочий стол. Для человека, сидящего за рабочим столом, доступны как определенные источники информации, так и средства обработки информации. При этом на рабочем столе могут находиться документы, представленные в различной форме: текст, таблицы, рисунки и т. д. В GUI рабочий стол воплощен пространством экрана монитора.

2. Работаешь с тем, что видишь. В каждый момент времени «сидящий» за рабочим столом может работать только с теми документами, которые он видит перед собой. Если необходимый документ отсутствует на столе, его необходимо достать (например из папки). Объекты, необходимые для решения задачи, представлены в GUI в виде соответствующих графических образов (пиктограмм и окон).

3. Видишь, что получил. Выполняя какие-то действия над документами, человек тут же видит результат своей деятельности. Все необходимые действия выполняются в GUI не с помощью команд, а с помощью прямого манипулирования объектами.

DCD – разработка, управляемая данными, – означает, что проектирование интерфейса поддерживает такую модель взаимодействия пользователя с системой, при которой первичными являются обрабатываемые данные, а не требуемые для этого программные средства. При таком подходе внимание пользователя концентрируется на тех данных, с которыми он работает, а не на поиске и загрузке необходимого приложения.

При использовании DCD-технологии основным программным объектом является документ (некоторое абстрактное устройство хранения данных, используемых для выполнения заданий пользователей и их взаимодействия).

DCD обуславливает необходимость применения объектно-ориентированного подхода к GUI. То есть объекты имеют характеристики, называемые свойствами (цвет, размер, дата модификации), допустимые операции (действия, которые могут быть выполнены над объектами, например перемещение или копирование), а также отношения между ними (набор, объединение, композиция, контейнер). Объекты, обладающие аналогичными свойствами и поведением, относятся к одному классу.

Необходимые свойства пользовательского интерфейса:

1. Естественность. Естественный интерфейс – такой, который не вынуждает пользователя существенно изменять привычные для него способы решения задачи. Это, в частности, означает, что сообщения и результаты, выдаваемые приложением, не должны требовать дополнительных пояснений. Целесообразно также сохранить систему обозначений и терминологию, используемые в данной предметной области.

2. Согласованность:

- **согласованность в пределах продукта.** Одна и та же команда должна выполнять одни и те же функции, где бы она не встретилась;

- **согласованность в пределах рабочей среды.** Поддерживая согласованность с интерфейсом, предоставляемым операционной системой (Windows), приложение может опираться на те знания и навыки пользователя, которые он получил ранее при работе с другими приложениями;

- **согласованность в использовании метафор.** Метафора — знакомое пользователю понятие или образ, помогающее обеспечить интуитивно понятный интерфейс (например корзина Windows). Если поведение некоторого программного объекта выходит за рамки того, что обычно подразумевается под соответствующей ему метафорой, у пользователя могут возникнуть трудности при работе с таким объектом. Например, если у программного объекта «Корзина» определить операцию «Запуск», пользователь не поймет предназначения объекта без посторонней помощи.

3. Дружественность интерфейса (Принцип «прощения» пользователя). Эффективный интерфейс должен принимать во внимание, что большинство пользователей изучают особенности работы с новым программным обеспечением методом проб и ошибок. На каждом этапе работы интерфейс должен разрешать только соответствующий набор действий и предупреждать пользователей о тех ситуациях, где они могут повредить системе или данным; еще лучше, если у пользователя существует возможность отменить или исправить выполненные действия.

4. Принцип «обратной связи». Всегда следует обеспечивать обратную связь для действий пользователя. Каждое действие пользователя должно получать визуальное, а иногда и звуковое подтверждение того, что программное обеспечение восприняло введенную команду, при этом вид реакции должен учитывать природу выполненного действия. Обратная связь эффективна в том случае, если она реализуется своевременно, т. е. как можно ближе к точке последнего взаимодействия пользователя с системой. Когда компьютер обрабатывает поступившее задание, полезно предоставить пользователю информацию относительно текущего состояния процесса, а также возможность прервать этот процесс в случае необходимости.

5. Простота. Под простотой понимается легкость в изучении и использовании интерфейса. Кроме того, он должен предоставлять доступ ко всему перечню функциональных возможностей приложения. Один из возможных путей реализации простоты — представление на экране информации, минимально необходимой для выполнения очередного шага задания. Элементы должны размещаться на экране с учетом их смыслового значения и логической взаимосвязи.

6. Гибкость интерфейса — это его способность учитывать уровень подготовки и производительность труда пользователя. Свойство гибкости предполагает возможность изменения структуры диалога и/или входных данных.

7. Эстетическая привлекательность.

Глава 15 ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ КОСМОНАВТИКИ

15.1. Системотехнические разработки для оптического сканирования из космоса поверхности Земли

Просмотр земной поверхности мгновенным полем зрения может осуществляться вращением всего космического аппарата или вращением корпуса всей оптической системы относительно космического аппарата. Однако наибольшее распространение в сканирующих радиометрах получили оптические схемы при неподвижных корпусах спутника и радиометра (рис. 15.1).

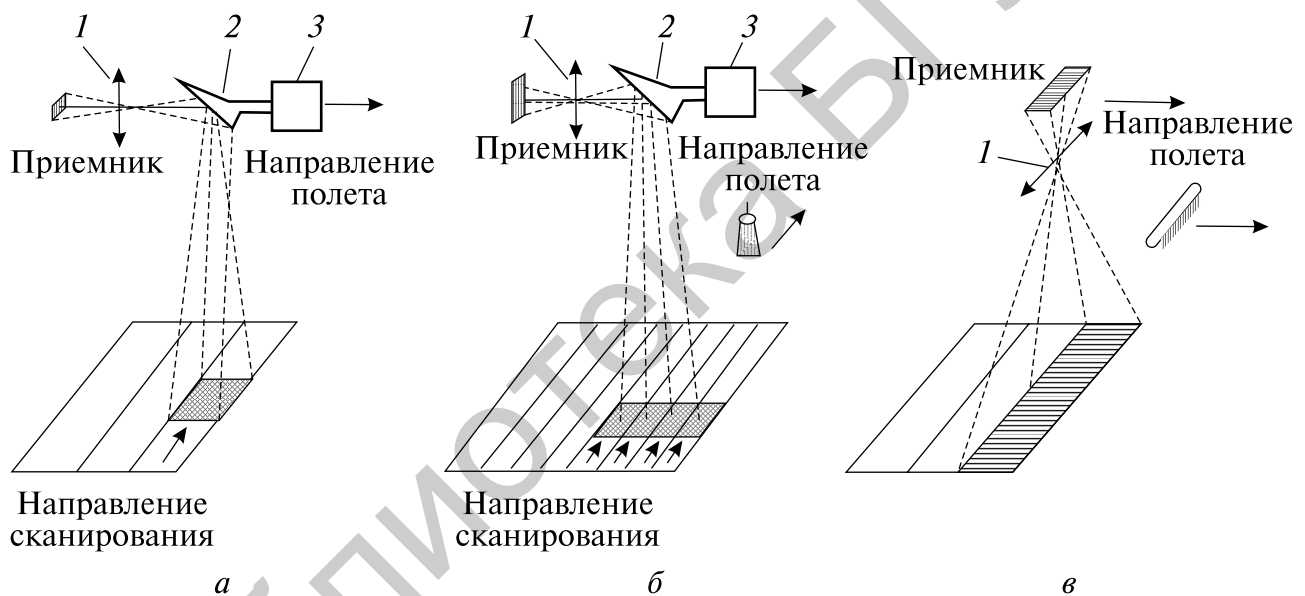


Рис. 15.1. Схемы сканирования земной поверхности:

a – одноплощадочный приемник; *б* – сканирование «метелкой»; *в* – сканирование «щетки»;
1 – оптическая система; 2 – сканирующее зеркало; 3 – привод

В этом случае сканирование осуществляется движением головного зеркала, например плоского, расположенного под углом 45° к оси вращения двигателя.

Объяснение принципа работы аппаратуры станет более наглядным, если представить себе, что в фокусе объектива вместо приемника находится излучатель, скажем, лампочка накаливания. Тогда мы получим осветительный прибор, в котором направление прожекторного луча после отражения от зеркала будет перпендикулярно оптической оси системы. При вращении зеркала прожекторный луч также будет вращаться, оставаясь в плоскости, перпендикулярной оптической оси. В процессе этого вращения световой «зайчик» будет пробегать по поверхности Земли, а затем по внутренним элементам конструкции аппаратуры (рис. 15.2).

При движении спутника по орбите подспутниковая точка будет оставлять на поверхности Земли воображаемый след орбиты. Если совместить оптическую ось аппаратуры с направлением полета, то зеркало обеспечит вращение мгновенного поля зрения в плоскости, перпендикулярной направлению полета. В результате при каждом обороте зеркала будет просматриваться полоска на поверхности Земли, расположенная перпендикулярно следу орбиты. Пространственный угол с вершиной в центре входного отверстия аппаратуры, образуемый направлениями на крайние точки полосы, просматриваемой на поверхности Земли, определяет поле обзора и характеризует полосу захвата аппаратуры на местности.

Лидар (англ. Light Identification, Detection and Ranging – LIDAR) – технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

Лидар как прибор представляет собой **активный дальномер оптического диапазона**. Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двухмерную или трехмерную картину окружающего пространства. Атмосферные лидары способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей свет. Разновидностью атмосферных лидаров являются доплеровские лидары, определяющие направление и скорость перемещения воздушных потоков в различных слоях атмосферы.

Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара:

- направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приемником (в случае лидара – светочувствительным полупроводниковым прибором);
- время отклика прямо пропорционально расстоянию до цели.

В отличие от радиоволн, эффективно отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеиванию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных (отражающих свет) дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах. Возвращающийся отраженный сигнал проходит через ту же рассеивающую сре-

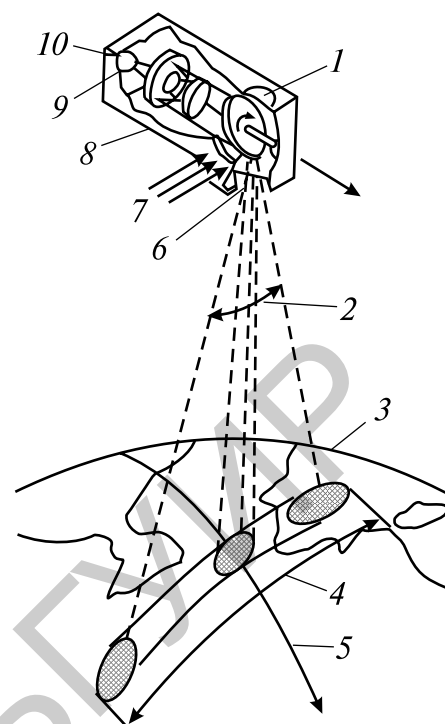


Рис. 15.2. Принцип работы сканирующего радиометра: 1 – нагреватель; 2 – угол обзора Ω ; 3 – лимб Земли; 4 – ширина полосы захвата; 5 – след орбиты; 6 – диаметр входного зрачка d ; 7 – космическое излучение; 8 – космический аппарат; 9 – фильтр; 10 – приемник

ду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределенной оптической среды – достаточно сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами.

Простейшие атмосферные лидарные системы не имеют средств наведения и направлены вертикально в зенит.

Для сканирования горизонта в одной плоскости применяются простые сканирующие головки. В них неподвижные излучатель и приемник также направлены в зенит; под углом 45° к горизонту и линии излучения установлено зеркало, вращающееся вокруг оси излучения.

В авиационных установках, где надо сканировать полосу, перпендикулярную направлению полета самолета-носителя, ось излучения – горизонтальна. Для синхронизации мотора, вращающего зеркало, и средств обработки принимаемого сигнала используются точные датчики положения ротора, а также неподвижные реперные риски, наносимые на прозрачный кожух сканирующей головки.

Сканирование в двух плоскостях добавляет этой схеме механизм, поворачивающий зеркало на фиксированный угол с каждым оборотом головки – так формируется цилиндрическая развертка окружающего мира.

Центр управления космическими полетами (ЦУП) обеспечивает практическое управление полетами космических аппаратов разных классов. Одновременно он ведет научные и проектные исследования и разработку методов, алгоритмов и средств решения задач управления, баллистики и навигации, а также занимается экспертизой космических проектов по направлению своих работ.

В современных ЦУП используются графические интерфейсы, позволяющие отобразить информацию и эффективно ее использовать на большом экране, на котором можно видеть текущее расположение МКС, ее точные координаты, высоту, скорость движения (рис. 15.3).



Рис. 15.3. Современный ЦУП

Телеметрия (греч. tele – вдаль, далеко и metreo – мерю) – раздел науки о передаче на расстоянии недоступных для непосредственных измерений данных к месту, где они могут быть восприняты.

Если речь идет о космической телеметрии, это значит, что необходимые данные о космическом летательном аппарате поступают не только тогда, когда корабль стоит на стартовой площадке, но и на протяжении всего полета, когда корабль может находиться за миллионы километров от Земли и от места наблюдения за полетом.

Схема получения, передачи и обработки данных представлена на рис. 15.4. Для изучения Земли из космоса параметры орбиты спутника и его измерительная аппаратура выбираются в зависимости от типа требуемой информации. Датчики наблюдают и регистрируют изображения земной поверхности и атмосферы. Собранная датчиками информация, или регистрируется на фотопленку, или записывается на бортовые магнитофоны. Экспонированная пленка может или возвращаться на Землю, или обрабатываться и сканироваться на борту спутника с помощью электронной аппаратуры или же непосредственно передаваться на Землю по каналам телеметрии. В последнем

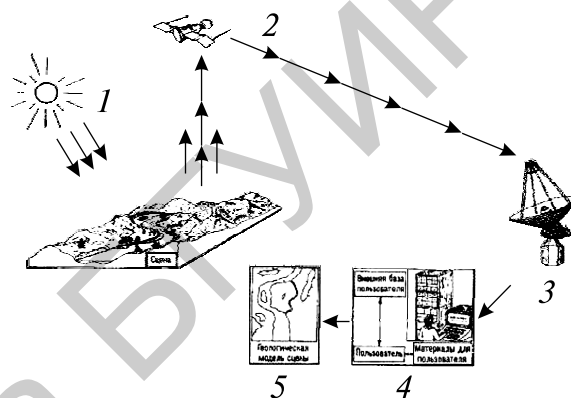


Рис. 15.4. Схема получения, передачи и обработки данных:

- 1 – источник освещения; 2 – спутник;
- 3 – антенна; 4 – ЦУП (приемная аппаратура, оборудование для предварительной обработки, хранения и анализа данных);
- 5 – полученный результат

случае получаемые электрические сигналы передаются по линии радиосвязи на наземную приемную станцию (ЦУП), когда спутник находится в зоне радиовидимости. Наземная станция (ЦУП), принимающая информацию со спутников, состоит из антенны, приемной аппаратуры и оборудования для предварительной обработки, хранения и, как правило, анализа данных.

Данные в ЦУП со спутников поступают следующими способами:

- 1) прямая трансляция на наземные станции;
- 2) хранение данных на борту с последующей передачей наземным станциям по команде;
- 3) передача данных через спутники-ретрансляторы (при этом значительно позволяет уменьшить число наземных станций) (рис. 15.5).

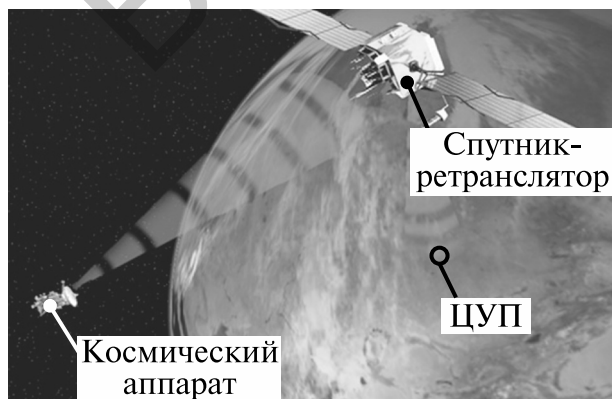


Рис. 15.5. Схема ретрансляции

15.2. Картография и создание электронных карт поверхности Земли

Спутники могут предоставлять такие **виды съемок**, как фотосъемки, сканерные съемки, радарные съемки, тепловые съемки, спектрометрические съемки, лидарные съемки.

1. Фотосъемки. Фотографическую съемку поверхности Земли с высот более 150–200 км принято называть космической (КС). Отличительной чертой КС является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности. В зависимости от типа применяемой аппаратуры и фотопленок фотографирование может производиться во всем видимом диапазоне электромагнитного спектра, в отдельных его зонах, а также в ближнем ИК (инфракрасном) диапазоне. Масштабы съемки зависят от двух важнейших параметров: высоты съемки и фокусного расстояния объектива. Космические фотоаппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности.

2. Сканерные съемки. Для съемок из космоса часто используются многоспектральные оптико-механические системы – сканеры, установленные на искусственном спутнике Земли. При помощи сканеров формируются изображения, состоящие из множества отдельных, последовательно получаемых элементов (рис. 15.6).

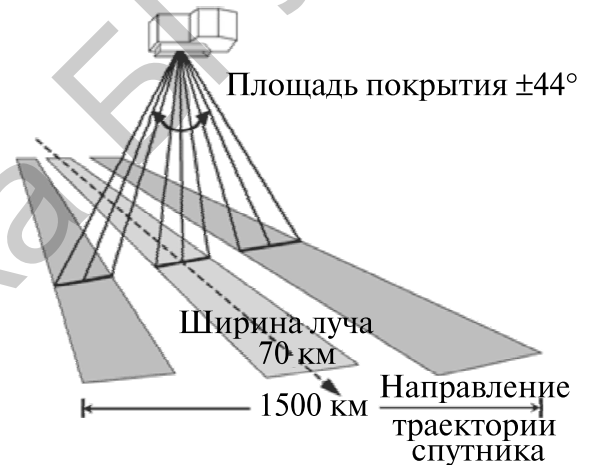


Рис. 15.6. Принцип сканерной съемки

Термин «**сканирование**» обозначает развертку изображения при помощи сканирующего элемента (качающегося или вращающегося зеркала), поэлементно просматривающего местность поперек движения носителя и посылающего лучистый поток в объектив и далее на точечный датчик, преобразующий световой сигнал в электрический.

Этот электрический сигнал поступает на приемные станции по каналам связи.

3. Радарные съемки (рис. 15.7). Радиолокационная (РЛ) или радарная съемка – важнейший вид дистанционных исследований. Используется в условиях, когда непосредственное наблюдение поверхности планет затруднено различными природными условиями: плотной облачностью, туманом и т. п. Она может проводиться в темное время суток, по-

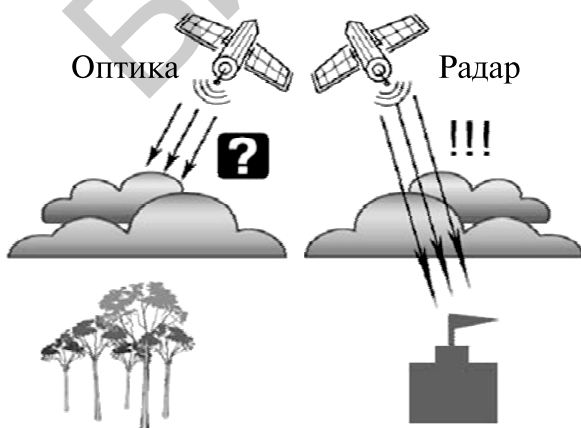


Рис. 15.7. Принцип радарной съемки

скольку является активной. Для радарной съемки обычно используются радиолокаторы бокового обзора (ЛБО), установленные на самолетах и ИСЗ.

Радарные космические снимки представляют в виде изображения данные, полученные посредством радиолокационного сканирования поверхности космического тела, в диапазоне электромагнитных волн, невидимых человеческим глазом (рис. 15.8).

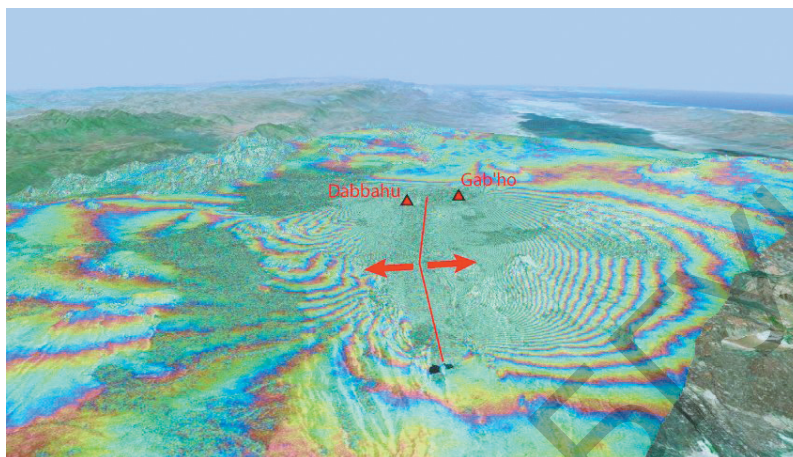


Рис. 15.8. Снимки радарной съемки

На этом снимке радарная съемка со спутника зафиксировала разлом. Здесь видно, как вулканы Dabbahu и Gab'ho отдаляются друг от друга.

4. Тепловые съемки. Инфракрасная (ИК), или тепловая, съемка основана на выявлении тепловых аномалий путем фиксации теплового излучения объектов Земли, обусловленного эндогенным теплом или солнечным излучением. Она широко применяется в геологии. Температурные неоднородности поверхности Земли возникают в результате неодинакового нагрева различных ее участков. Инфракрасный диапазон спектра электромагнитных колебаний условно делится на три части (в мкм): ближний (0,74–1,35), средний (1,35–3,50) и дальний (3,50–1000).

5. Спектрометрические съемки. Спектрометрическая (СМ) съемка проводится с целью измерения отражательной способности горных пород (рис. 15.9). Знание значений коэффициента спектральной яркости горных пород расширяет возможности геологического дешифрирования, придает ему большую достоверность. Горные породы имеют различную отражательную способность, поэтому отличаются величиной коэффициента спектральной яркости. СМ-съемка делится на три вида:

1) микроволновая (0,3 см – 1,0 м), являющаяся универсальной, т. к. исключает влияние атмосферы;

2) ИК, или тепловая (0,30–1000 мкм), выявляющая температурные неоднородности по энергетической яркости изучаемых объектов;

3) спектрометрия видимого и ближнего ИК-спектра излучения (0,30–1,40 мкм), фиксирующая спектральное распределение отражательного радиационного излучения.

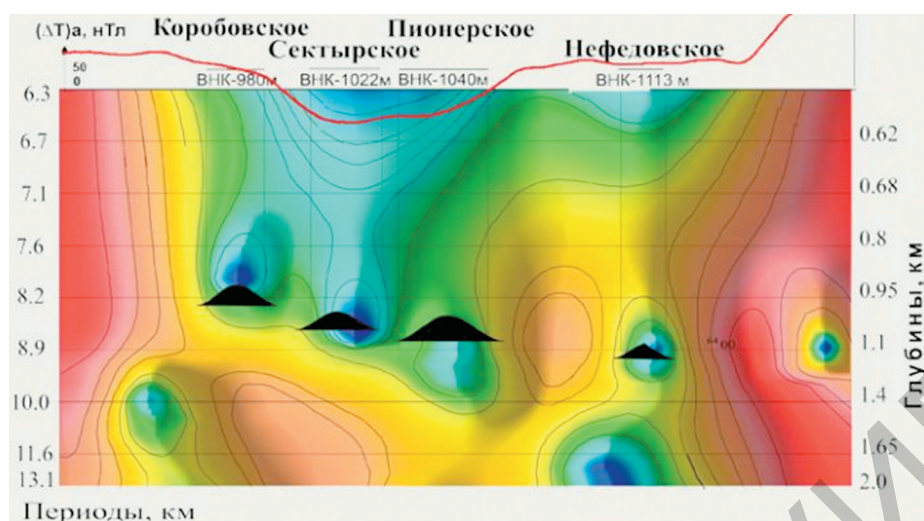


Рис. 15.9. Спектрометрическая съемка

6. Лидарные съемки. Лидарная съемка является активной и основана на непрерывном получении отклика от отражающей поверхности, подсвечиваемой лазерным монохроматическим излучением с фиксированной длиной волны (рис. 15.10).

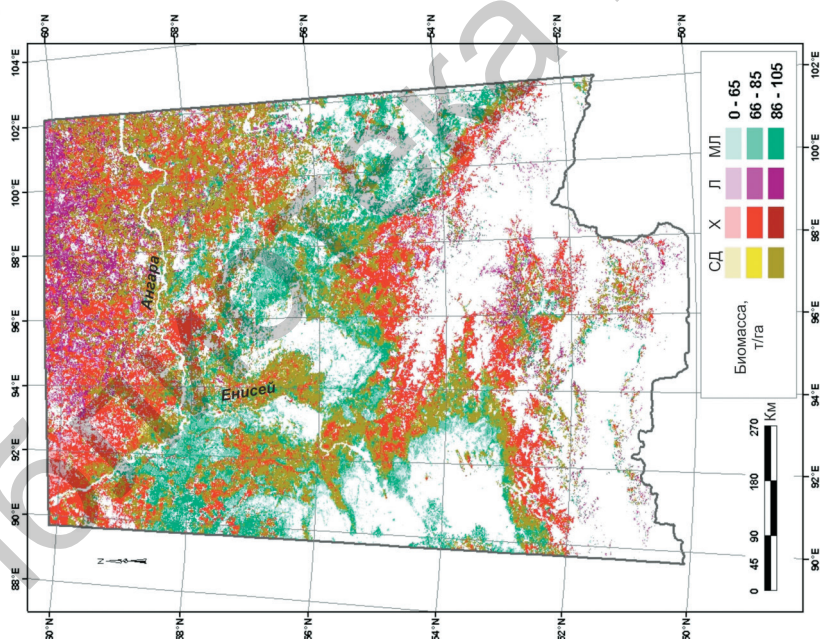


Рис. 15.10. Лидарная съемка

Частота излучателя настраивается на резонансные частоты поглощения сканируемого компонента (например приповерхностного метана), так что в случае его заметных концентраций соотношение откликов в точках концентрирования и вне их будут резко повышенными. Фактически лидарная спектрометрия – это геохимическая съемка приповерхностных слоев атмосферы, ориентированная на обнаружение микроэлементов или их соединений, концентрирующихся над активными геоэкологическими объектами. Устройства лидарной съемки оборудуются на низковысотных носителях.

Технология воздушного лазерного сканирования – наиболее быстрый и достоверный способ сбора пространственно-геометрической информации о рельефе местности и сооружениях, расположенных на ней, в том числе на труднодоступных и залесенных территориях (рис. 15.11).

Основой метода лазерного сканирования является лазерный сканер – лидар, базирующийся на воздушном судне.

Основная функция лазера – генерация импульсного или непрерывного излучения, которое, отражаясь от поверхности земли или наземных объектов, может быть использовано для измерения дальности от источника излучения до объекта, вызвавшего отражение.

Работа навигационного блока воздушного лазерного сканера основана на взаимодействии системы спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) и инерциальной системы в режиме реального времени (рис. 15.12).



Рис. 15.11. Получение рельефного изображения при помощи воздушного лазерного сканирования

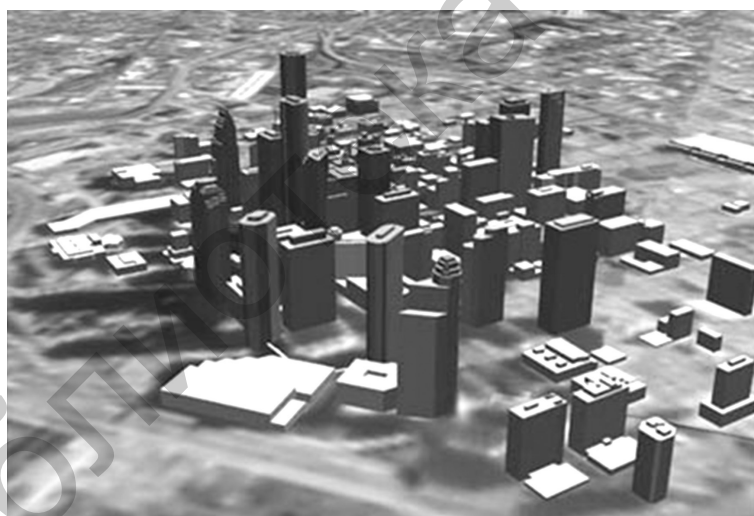


Рис. 15.12. Цифровая реконструкция центра г. Хьюстон, Техас, США

Области применения:

- инвентаризация земельно-имущественного комплекса;
- планирование городской застройки;
- инспекция линий электропередач;
- строительство и реконструкция автомобильных и железных дорог;
- управление лесными ресурсами;
- управление сельским хозяйством и земельными ресурсами;
- земельный кадастр;
- экологический мониторинг;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Преимущества технологии:

- получение истинного рельефа даже под кронами деревьев;
- определение местоположения и формы объектов сложной структуры, например, технологических площадок и трубопроводов, зданий и сооружений;
- получение детальных топографических карт и планов местности без явных ориентиров (полностью заснеженная территория, тундра, пустыня);
- высокая точность и детальность получаемых данных;
- цифровой формат всех данных.

Построение ландшафта из карты высот. Чтобы построить ландшафт из карты высот (рис. 15.13–15.14), сперва надо построить сетку вершин той же размерности, что и у карты высот, а затем использовать значение высоты каждой точки (пикселя) из карты высот как высоту для вершины в сетке вершин. Например, можно использовать карту высот разрешением 6×6 пикселей для смещения высоты каждой вершины в сетке вершин 6×6 .

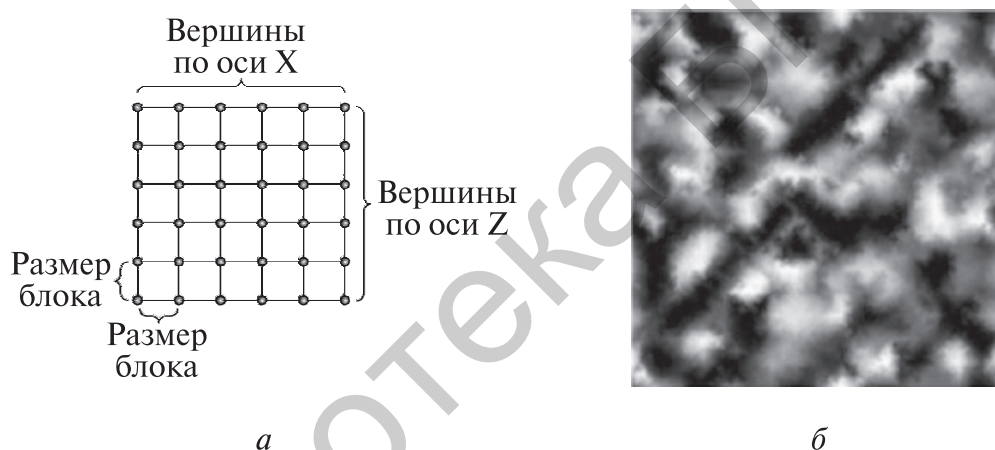


Рис. 15.13. Ландшафт, сгенерированный из карты высот и визуализированный в каркасном (а) и сплошном (б) режимах

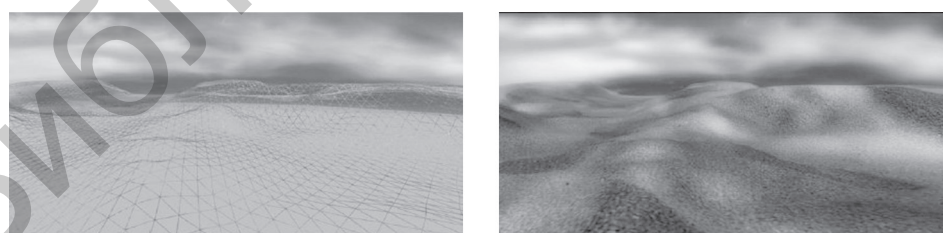


Рис. 15.14. Карта высот – компьютерное изображение, которое можно использовать для генерирования карт, основываясь на яркости пикселей

Помимо местоположения, каждая вершина сетки содержит другие атрибуты, необходимые для визуализации, такие как нормаль и координаты текстуры. На рис. 15.13, а показана сетка вершин 6×6 , созданная в плоскости XZ, где высота каждой вершины задается по оси Y.

В сетке вершин необходимо определить расстояние между каждой парой вершин. Меньшее расстояние между вершинами позволяет сгладить перепа-

ды между высотами вершин, но уменьшает размер сетки, в то время как большее расстояние между вершинами увеличивает размер сетки, но может привести к резким перепадам между высотами вершин.

15.3. Тренажеры и симуляторы виртуальной реальности для космонавтов

Авиационные тренажеры состоят из трех основных частей: подвижного макета кабины с органами управления и контроля, системы визуализации обстановки за пределами кабины и математической модели, которая, реагируя на действия пилота, имитирует условия полета (рис. 15.15).

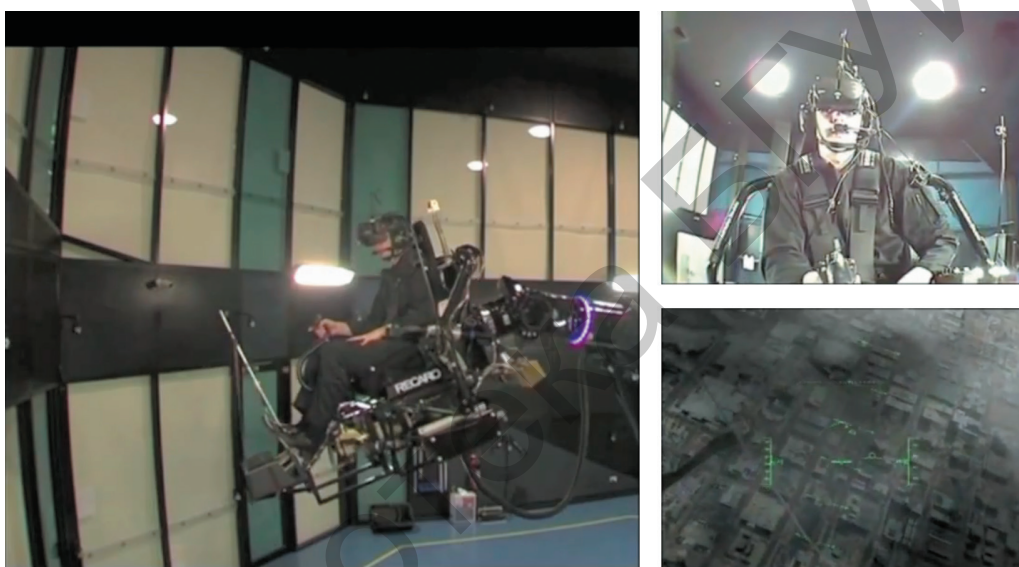


Рис. 15.15. Тренажер космонавтов Deakin's Universal Motion Simulator

Виртуальное представление космических объектов является уникальной разработкой Центра тренажеростроения. Разработка предназначена для тренировок космических экипажей на модулях международной космической станции (МКС) без их физического макетирования.

В целях изучения конструкции, внешнего и внутреннего вида модулей, бортового оборудования и взаимодействия с ним в реальном масштабе времени применяется двухмашинный вариант вычислительной системы.

На первом компьютере установлено программное обеспечение системы виртуальной реальности (СВР) космического объекта. Для построения трехмерных, в том числе текстурированных объектов, используется специально созданный конструктор интерьера на базе графического пакета 3D. Реализовано интерактивное взаимодействие с органами управления и индикации. Имеется возможность изучения элементов конструкции в труднодоступных или недоступных местах корабля.

На втором компьютере размещено программное обеспечение моделирующего комплекса бортовых систем. Для организации интерактивного взаимо-

действия операторов с объектами виртуального мира используются специальные программно-аппаратные средства: шлем и перчатка данных. Разработка и модификация моделирующего комплекса осуществляется на инструментальном комплексе в среде ОС UNIX, WINDOWS NT, OS/2. Программное обеспечение работает на графических станциях IBM PC и SGI INDIGO-2.

Пакет позволяет интерактивно взаимодействовать с объектами интерьера, пультами бортовых систем, двигать съемные панели внутри интерьера, переходные люки, ящики стеллажей, поворачивать подвижные шкафы, объекты со сложной логикой пространственного расположения.

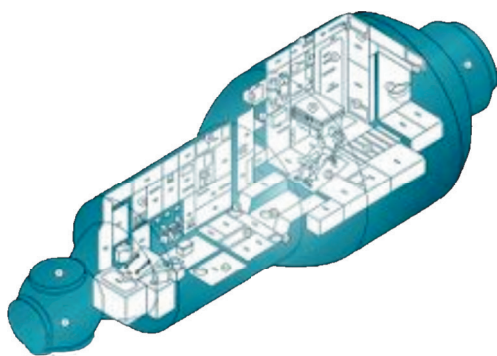


Рис. 15.16. Модуль «Звезда» МКС в системе «ВР – интерьер»

Обучаемый может фиксировать в нужном ракурсе изучаемый интерьер для последующего анализа (рис. 15.16).

Инструктор может обучать сразу нескольких космонавтов (экипаж). Реализована система записи и воспроизведения тренировки для разбора допущенных ошибок и неадекватной реакции на нестандартные ситуации. СВР позволяет удалять плоскости изучаемого модуля (пол, потолок, правый и левый борт) с возможностью выхода в открытый космос и полного обзора как внутреннего интерьера, так и внешнего вида корабля.

Тренажер стыковки транспортного корабля «СОЮЗ-ТМА» состоит из следующих компонентов (рис. 15.17):

- рабочее место оператора;
- вычислительная система;
- система моделирования объекта;
- устройство связи с объектом;
- система имитации визуальной обстановки;
- телевизионная система;
- система имитации связи «Борт – Земля»;
- пульт контроля и управления.

Экипаж миссии STS-135 отрабатывает сближение до соединения и стыковку с МКС на симуляторе виртуальной реальности в космическом центре Джонсона в Хьюстоне, штат Техас (рис. 15.18–15.19).

Универсальный симулятор движения – это большой промышленный манипулятор с роботизированной рукой, на конце которого закреплено кресло. Манипулятор, имеющий шесть степеней свободы, вращает пользователя на высокой скорости в любом направлении (рис. 15.20).



Рис. 15.17. Тренажер ВР транспортного корабля «СОЮЗ-ТМА»



Рис. 15.18. Симулятор виртуальной реальности в космическом центре Джонсона



Рис. 15.19. Астронавт НАСА Р. Уолхейм управляет выходом в открытый космос в лаборатории виртуальной реальности в космическом центре Джонсона



Рис. 15.20. Универсальный симулятор движения

Шлем виртуальной реальности космонавта (рис. 15.21). В комплексе учтены параметры планеты, погодные, географические, сезонные, временные условия, модели предполагаемой космической техники – спускаемого аппарата, роботизированного марсохода. Предусмотрена отработка внештатных ситуаций: аварии и пылевой бури.

Важнейшим элементом любого тренажера является система визуализации. От ее качества и уровня зависит реалистичность ощущения ситуации, воспринимаемых человеком. Именно она отвечает за



Рис. 15.21. Шлем VR космонавта

погружение сознания в симуляцию и выполняет роль психологического фактора в процессе обучения.

Современные системы визуализации бывают двух типов – проекционные и коллимационные. В системах визуализации обоих типов изображение проецируется с помощью проекторов на сферических или цилиндрических экранах. Проецирование изображения на экранах, расположенных в непосредственной близости от кабины тренажера, приводит к тому, что линия визирования удаленных проецируемых объектов зависит от положения глаз пилотов. Угол этой ошибки – **параллакс** – можно оценить формулой $A = \arctg(D/L)$, где D – расстояние от головы пилота до центра настройки системы визуализации, L – расстояние от центра настройки системы визуализации до экрана (рис. 15.22).



Рис. 15.22. Угол ошибки линии визирования проекционной системы и коллимационная система визуализации

Наличие параллакса – недостаток, свойственный именно проекционным системам визуализации. **Причиной параллакса** является близко расположенный экран, а также свойство света рассеиваться при отражении от негладкой поверхности экрана.

Но если идущий от проекторов свет коллимировать, т. е. проецировать таким образом, чтобы лучи света визуализируемого объекта были параллельны друг другу, то явление параллакса будет устранено. На этом принципе основана работа коллимационной системы визуализации.

В коллимационной системе свет от проекторов пропускают через специальную оптическую систему – экран обратной проекции на сферическое зеркало. Таким образом, создается иллюзия объектов, удаленных на большое расстояние.

15.4. Варианты использования видеоинформации о Земле

Области применения цифровых моделей рельефа очень разнообразны. Они позволяют решить следующие задачи:

- вычисление уклонов и экспозиции склонов (строительство дорог, сельское хозяйство – выбор полей под культуры с разными требованиями к освещенности и др.);

- анализ поверхностного стока;
- моделирование затопления;
- анализ видимости, который используют при планировании коммуникационных сетей, в военном деле и других отраслях;
- измерение площадей и объемов, получение профилей поверхности;
- прокладка оптимальных маршрутов;
- просмотр данных в трех измерениях, создание виртуальных полетов над местностью и светотеневых моделей.

В настоящее время моделирование рельефа местности и его последующее исследование по полученным моделям становятся неотъемлемой частью теоретических и экспериментальных изысканий в картографии, науках о Земле (геология, тектоника, гидрология, океанология, климатология и т. д.), в экологии, земельном кадастре и инженерных проектах. Компьютерная обработка пространственных данных находит широкое применение при анализе распространения участков загрязнений, в моделировании месторождений, а также во многих проектах по устойчивому развитию территорий (рис. 15.23).



Рис. 15.23. Модель земной поверхности

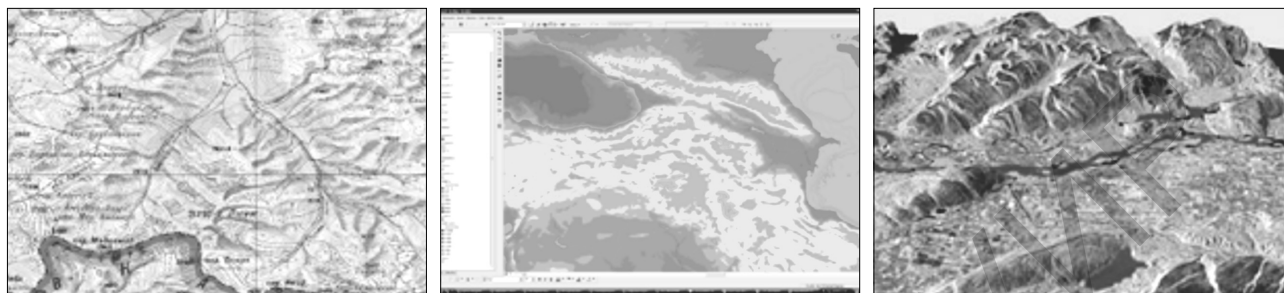
Цифровые модели рельефа в трехмерном виде решают важные задачи:

- определение любых геометрических параметров рельефа;
- построение горизонталей рельефа, профилей и сечений;
- оценка безопасности строительства технических сооружений;
- оценка изменения рельефа и растительности;
- моделирование радиовидимости.

Источники данных. Источниками информации для построения цифровых моделей рельефа служат топографические карты, стереопары аэро- и космоснимков, данные радиолокационной съемки и т. д. На точность построения рельефа оказывают влияние такие факторы, как разрешение и качество изображения снимков, масштаб карты. Кроме того, использование GPS-измерений позволяет существенно повысить степень достоверности модели рельефа (рис. 15.24).

Фотошпионаж. Идея использовать ракеты и космические аппараты (КА) для наблюдений за земной поверхностью возникла задолго до полета перво-

го искусственного спутника Земли. По понятным причинам продвигали эту идею военные. Им хотелось не просто заглянуть за границу, но и делать это регулярно. А по сравнению с классической аэрофотосъемкой спутники-шпионы сулили постоянное присутствие, всеохватность и недоступность воздействиям противника.



Карта
Кавказских гор

Обработка данных карты
Кавказских гор

3D-модель рельефа
Кавказских гор

Рис. 15.24. 3D-модели рельефа

В СССР работы в области космической съемки начались практически параллельно с американскими. Первая отечественная специальная космическая камера создавалась на основе аппарата для аэрофотосъемки. Снимки из космоса в Советском Союзе были получены летом 1957 г. с помощью малогабаритного фотоаппарата АФА-39, поднятого ракетой на высоту около 120 км.

Применение фотоаэрокосмических орбитальных летательных аппаратов в исследованиях Земли. Перспективной представляется попытка использования данной технологии в качестве инструмента исследователя при разработке теоретических проблем, главным образом, для стереовизуализации сложных физических процессов, математических абстракций и моделей.

Использование стереовизуализации в качестве инструмента исследователя может не только увеличить информативность отображаемых данных, но также снизить утомляемость пользователя, а следовательно, и повысить его эффективность.

Более десяти спутников НАСА постоянно производят мониторинг нашей планеты. Они изучают уровень океана, количество углекислого газа в атмосфере, глобальные температуры, ледники и многое другое. Теперь можно взглянуть на планету Земля в реальном времени с помощью спутников НАСА и специальной программы «Eyes on the Earth 3D».

Структура мониторинга Земли (рис. 15.25). Программа «Eyes on the Earth 3D» позволяет видеть все важные данные о Земле прямо со спутника. Причем это касается не только ландшафта или состояния атмосферы. В группе спутников НАСА числятся порядка двадцати (TERRA, AQUA, SMAP и т. д.) самостоятельных модулей, каждый из которых производит наблюдения за различными параметрами: влажность почвы, состояние озонового слоя Земли, активность Солнца и т. д.

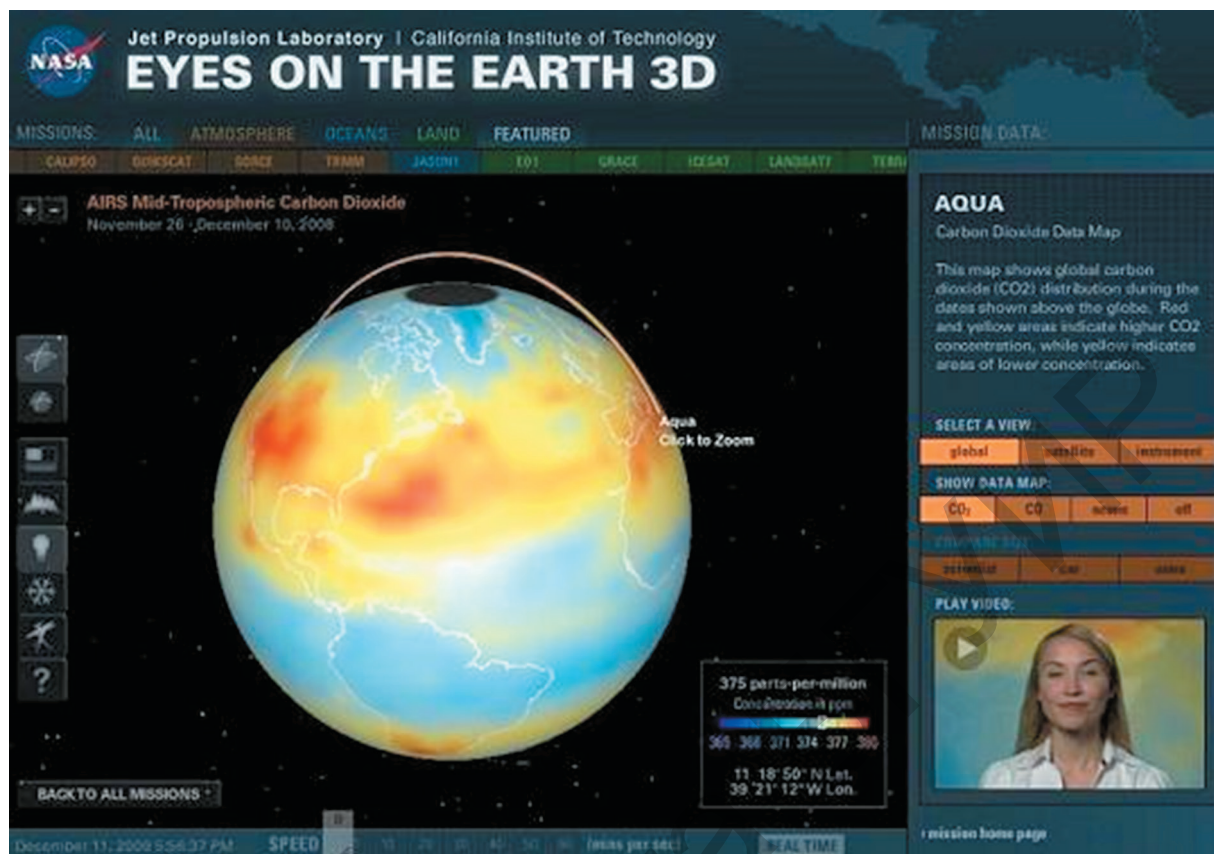


Рис. 15.25. Информация со спутника AQUA о количестве углекислого газа в атмосфере

Кроме того, пользователи могут:

- проследить за полетом спутника практически в реальном времени;
- изучить данные по каждому спутнику, сравнить их размеры, возможности и специальное назначение;
- «окунуться» в облако углекислого газа и увидеть некоторые из самых густонаселенных и загрязняющих городов в мире в интерактивной игре «Метрополис».

Таким образом, можно заключить, что визуализация научной информации космических проектов является одним из наиболее доступных методов решения фундаментальных и прикладных задач космических исследований. Одним из методов повышения выразительности, а следовательно, и информационной ценности изображения является стереовизуализация. В космических исследованиях стереовизуализация применяется в основном для отображения стереопар, полученных со стереокамер космических аппаратов, стереовизуализации цифровых моделей рельефа, популяризации фундаментальных и прикладных космических исследований.

Преимуществами такого подхода по сравнению с традиционными способами отображения, прежде всего, является повышение информативности отображаемых данных, а также возможность проведения их фильтрации по степени важности и актуальности на данный момент.

Глава 16

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ТРЕНАЖЕРАХ ДЛЯ МЧС

16.1. Когнитивные технологии проектирования виртуальных тренажеров

Создание так называемых виртуальных тренажеров — новый путь при решении проблемы организации учебных лабораторий по изучению сложной измерительной аппаратуры и приборов. Эта проблема особенно актуальна при изучении военно-спасательной техники из-за высокой стоимости оборудования. Основное достоинство применения виртуальных тренажеров в том, что можно создавать системы, не существующие в реальности. То есть системы, состоящие из элементов, недоступных в данный момент для соединения, находящихся в разных частях страны или только за рубежом.

Виртуальные тренажеры могут использоваться как в учебном процессе (при проведении лабораторных работ или для осуществления теоретического допуска к ним), так и для самостоятельного обучения студентов.

Виды виртуальных тренажеров. Согласно выполняемым функциям виртуальные тренажеры можно разделить на **группы**:

1. Обучающие знаниям тренажеры — электронные учебники (ЭУ). За счет широкого использования средств мультимедиа (графики, анимации, звука) существенно повышается эффективность обучения. Современные технологии позволяют легко дополнять присутствующие в ЭУ математические формулы «всплывающими» подсказками, а графические иллюстрации — контекстными пояснениями.

На основании имеющегося опыта можно выделить несколько основных правил при разработке ЭУ:

- **обязательное использование фреймов.** Деление области экрана на несколько самостоятельных окон позволяет решить задачи навигации, упростить пользователю поиск нужной информации, более эффективно организовать диалог (контекстные подсказки, замечания, помощь). Желательно, чтобы структура фреймов не менялась значительно в ходе работы, т. к. мелькание фреймов на экране утомит пользователя и запутает его;

- **необходимо по возможности уменьшить прокрутку.** Лучше разбить материал на главы, для просмотра каждой главы пользователь не должен тратить много времени. Иллюстрации, фотографии, анимационные клипы должны быть такого размера, чтобы целиком умещаться на экране;

- **чтение большого количества текста с экрана утомляет глаза, поэтому текст можно продублировать звуком.** Особенно удобно это по отношению к электронным схемам: вместо того чтобы перебегать глазами с рисунка на описание, пользователь может изучать схему, слушая пояснения к ней.

2. Контролирующие тренажеры – программы тестирования, предназначенные для проверки знаний студента по темам лабораторных работ. Они могут применяться для самоподготовки или для получения теоретического допуска к работе. В состав тестов можно включать вопросы, позволяющие установить степень готовности студента к осмысленной работе с тренажером. Для усиления контролирующего эффекта результаты прохождения тестов оцениваются в баллах, студенту сообщается количество пройденных тестов и сумма штрафных баллов. Для минимизации угадывания ответов в программе блокируется вывод на экран информации с результатом каждого отдельного теста.

3. Обучающие умениям тренажеры – мультимедийные анимационные имитаторы, предназначенные для имитации изменения состояний физического оборудования (приборов, устройств) при различных условиях, создавая иллюзию действий с физической аппаратурой. Основной их особенностью является максимально полное воспроизведение внешнего вида физических устройств (передних панелей, шкал, стрелок и других элементов показывающих и регистрирующих приборов) и элементов управления ими (кнопок, тумблеров, переключателей), а также движения отдельных элементов в соответствии с воздействиями пользователя на основе создания анимационных объектов и сложных сцен. Студент получает возможность подробно рассмотреть техническое устройство, ознакомиться с его деталями, а также выполнить ограниченный набор действий, связанных с разборкой или настройкой прибора.

Основные принципы разработки виртуальных тренажеров. Для эффективного виртуального тренажера необходимо создать удобную для пользователя среду, в которой пользователь сможет легко ориентироваться, сосредоточив свое внимание на учебном материале, вопросах тестов и порядке работы, а не на управлении программой тренажера.

Виртуальные тренажеры в МЧС бывают:

- стационарные;
- мобильные;
- имитирующие условия воздушных судов, зданий, открытых пространств и производственных помещений;
- морские учебные тренажеры;
- мобильные пожарные тренажеры общего назначения.

16.2. Разновидности тренажеров для обучения спасателей-пожарных

Тренажер в аэропорту Гонконга применяется МЧС для отработки навыков тушения самолетов (рис. 16.1).

Мобильный тренажер реального пожара. Для обучения своему делу и тренировок пожарным не требуется сжигать настоящие строения: компания North Tree Fire создала для этих целей двухэтажный управляемый компьютером тя-



Рис. 16.1. Тренажер горящего самолета

гач с прицепом длиной около 15 м, способный имитировать десятки различных опасных ситуаций с непередаваемым реализмом. По словам экспертов, необычный транспортер дает возможность испытать на себе все реалии живого пожара: здесь можно научиться работать в команде, управлять стволом и рукавами пожарного шланга внутри охваченного пламенем строения, где все трещит, темно и невыносимо жарко.

Получивший название Mobile Live-Fire Trainer (мобильный тренажер реального пожара), стимулятор совершенно безопасен для окружающей среды. Основу тренажера составляет компьютер, который и разыгрывает внутри прицепа различные сценарии пожара, запуская программы с несложным графическим интерфейсом пользователя. Компьютер контролирует безопасность пожарных, отслеживая все происходящее с помощью размещенных по всему прицепу датчиков.

Проникнуть в прицеп можно через пять различных дверей. Когда пожарные попадают внутрь, там уже распространяется пламя. Оператор тренажера находится в специальной отгороженной контрольной рубке и контролирует интенсивность пламени и температуру внутри строения – примерно от 150 до 700 °С. Огонь поступает из реактивных двигателей, где сжигается пропан, что делает пламя абсолютно реалистичным.

Компьютер управляет насыщенностью дыма – самой опасной составляющей пожара. Дым можно рассеять или сделать плотнее. По своему составу дым отличается от обычного, синтезировать который было бы опасно с экологической точки зрения. Mobile Live-Fire Trainer использует безопасный для

окружающей среды дым, образуемый при сжигании минерального горючего.

Обучение с помощью тренажера прошли уже много тысяч пожарных, и ни один из них не получил повреждений.

Морские учебные тренажеры. В целях совершенствования качества подготовки членов экипажей морских судов, обеспечения готовности экипажей к действиям в чрезвычайных ситуациях на борту судна введен в эксплуатацию учебно-тренировочный комплекс (УТК) по борьбе с пожарами нового поколения (рис. 16.2).



Рис. 16.2. Тренажер для отработки ЧС на воде

Комплекс включает в себя целый ряд тренажеров для обучения курсантов мерам и действиям по борьбе с пожарами на морских и речных судах, объектах морского континентального шельфа, противопожарное оборудование для тушения очагов пожаров любого типа.

Комплекс позволяет прививать практические навыки по использованию дыхательных аппаратов, переносных и стационарных систем пожаротушения, по прохождению помещений, заполненных высокократной пеной, задымленных закрытых помещений, и по спасению людей в горящих и задымленных помещениях и может использоваться круглогодично.

Для обучения руководителей аварийных партий дополнительно развернут учебный класс, оснащенный мультимедийным оборудованием и методическим обеспечением для подготовки командного состава морских судов по борьбе с пожаром, а также полигон по отработке навыков использования средств защиты и борьбы с пожаром в различных типах помещений морского судна.

Введенный в эксплуатацию УТК войдет в состав учебно-тренажерного центра по выживанию на море и будет использоваться для переподготовки действующих экипажей морских судов и экипажей буровых платформ.

В целях соответствия высоким стандартам безопасности при проведении обучения УТК оснащен системами видеоконтроля всех отсеков, датчиками инфракрасного излучения, интеллектуальным рабочим местом инструктора.

Огневые тренажерные комплексы контейнерного типа предназначены для психологической адаптации тренируемых, отработки приемов работы с пожарным стволом при тушении различных очагов возгорания, в условиях задымления, повышенной температуры и влажности. Они оптимальны при отсутствии готового помещения для монтажа тренировочного оборудования (рис. 16.3).

В состав комплекса в зависимости от решаемых задач входят:

- зал управления и контроля, оснащенный системами управления тренировочными средствами и/или передвижной пультом управления;
- огневые тренажеры;
- горящий двигатель автомобиля;
- колесо автомобиля;
- монитор;
- мусорная корзина;
- горящая дверь;
- кухонная плита;
- горящая кровать;
- распределительный щит;
- ванна;
- трубопровод;
- система имитации пробежки потолочного пламени, взрыва газа и др.

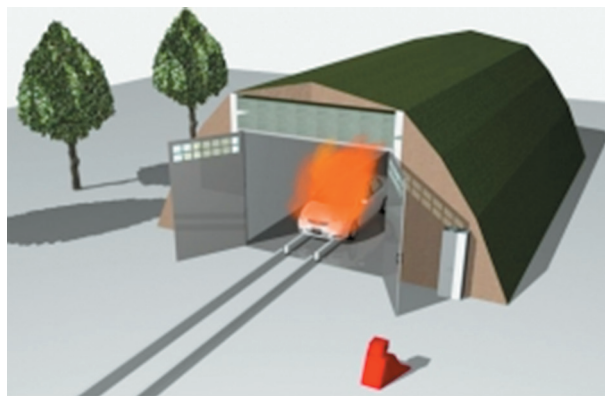


Рис. 16.3. Тренировочный комплекс «Горящий автомобиль»

Видеонаблюдение и инфракрасное слежение позволяет дистанционно визуально контролировать процесс тренировки в режиме реального времени во всех помещениях комплекса. Оно состоит из наружного видеонаблюдения и видеонаблюдения непосредственно в дымокамере.

Кардиоконтроль позволяет дистанционно отслеживать физическое состояние тренирующихся и при превышении заданных параметров нагрузок подает предупреждающий сигнал на пульт управления.

Система дуплексно/симплексной связи установлена с целью увеличения безопасности между проверяющим, находящимся за пультом управления и проверяемым.

Управление задымлением позволяет контролировать работу дымогенераторов в помещениях, где происходит тренировка.

Создание звуковых эффектов дополняет психологическую нагрузку на тренирующегося. Шумовое сопровождение при тренировке создает звуки, имитирующие обрушение конструкций, вспышку (взрыв) паров или газов, шум выходящего под давлением из трубопровода газа, крики пострадавшего и т. д.

Создание световых эффектов также создает дополнительную психологическую нагрузку на тренирующегося.

Тренажер ориентации «Лабиринт» позволяет отрабатывать навыки по ориентированию в замкнутом пространстве и формировать психологическую готовность к действиям в экстремальных ситуациях. Спроектирован он в трех уровнях, что позволяет ползать, ходить и лазать (рис. 16.4).



Рис. 16.4. Тренажер «Лабиринт»

Контактный пол представляет собой независимые секции пола с подключенными к ним контактами. При прохождении секции лабиринта газодымозащитник наступает на контактный пол, в результате чего сигнал отображается на пульте управления.

Имитатор обрушения конструкции может быть установлен в любую ячейку лабиринта. Секции обрушения состоят из металлических жалюзи, которые приводятся в движение при помощи электродвигателя механическим приводом.

Тренажер «Ударный молот» предназначен для выполнения упражнений на группы мышц спины и плечевого пояса. Контроль пульса осуществляет-

ся с помощью телеметрии и дает возможность проверить физическое состояние спасателей.

Тренажер «Бесконечная лестница» предназначен для упражнений, имитирующих подъем по лестнице.

Тренажер «Велоэргометр» позволяет определить при заданных нагрузках выносливость и физическую работоспособность тренирующегося.

Тренажер памяти представляет собой систему пронумерованных трехзначными числами вентиляей. Тренирующийся должен запомнить номер, который сообщает ему руководитель вначале, и затем, преодолев «Лабиринт», перекрыть нужный ventиль.

Тренажер «Трубопровод» предназначен для отработки практических навыков по предотвращению утечки газа из труб.

Тренажер «Цистерна» предназначен для отработки практических навыков по преодолению узких и труднопроходимых мест. Он представляет собой коллектор с системой из узких лазов.

Тренажер «Манекен» имитирует пострадавшего человека. Варианты исполнения и оснащения определяются заказчиком. В нем могут быть установлены дополнительные датчики.

Тренажер для гашения огня «AFS» предназначен для подготовки командного состава судов по борьбе с пожаром по следующим разделам:

- организация и управление борьбой с пожаром;
- стратегия борьбы с огнем в различных частях судна;
- связь и координация при борьбе с пожаром;
- контроль за вентиляцией, топливной системой и электрооборудованием.

Использование оборудования и систем для обнаружения пожара и пожаротушения. Программное обеспечение тренажера состоит из рабочего места инструктора и нескольких рабочих мест слушателей (РМС).

На РМС моделируется обстановка в различных судовых отсеках, включая помещения (рис. 16.5). Слушатель имеет возможность виртуально перемещаться в помещениях и между ними, использовать средства и системы пожаротушения.

Тренажер МКШ-01/ОГ. Многофункциональный интерактивный учебно-тренировочный комплекс средств тушения пожара огнетушителями позволяет приобретать базовые навыки ликвидации и тушения пожаров ученикам школ (5–9 класс). По комплектации тренажер включает в себя стойки оборудования и огнетушителей, мультимедийный 3D-видеопроектор, про-



Рис. 16.5. Тренажеры для тушения огня



Рис. 16.6. Учебно-тренажерный комплекс «Дипломат»

екционный экран, системный блок, беспроводной пульт дистанционного управления для инструктора, системы 3D-визуализации и звукового сопровождения.

Многофункциональный учебно-тренажерный комплекс подготовки лиц, уполномоченных информировать СМИ о ЧС, «Дипломат» (рис. 16.6) состоит из следующих модулей:

1. *Модуль визуализации*, который включает в себя:

- интерактивный 5D-модуль «Участник ликвидации ЧС», который оснащен системой имитации ЧС: порывистого ветра, дождя, реального задымления, температурного воздействия, а также дифференциации по времени суток;
- сектор проведения брифингов и телеинтервью «Репортаж».

2. *Модуль теоретической подготовки и оценки степени готовности*, который включает в себя:

- мультимедийное программное обеспечение с базой тестов и системой интерактивной оценки ЧС;
- аппаратно-программный модуль преподавателя.

3. *Информационный наглядно-демонстрационный модуль*, включающий:

- стенд-тренажер «Алгоритм предоставления информации о ЧС»;
- интерактивный наглядно-демонстрационный комплект ростовых манекенов для демонстрации внешнего вида сотрудников МЧС;
- комплект подготовительных ресурсов «Техника речи»;
- информационные стенды «Принципы работы с журналистами» и «Правила ведения телеинтервью»;
- трехсекционную магнитно-маркерную доску «Профессия сотрудника МЧС».

16.3. Специфика тренажера на базе комнаты виртуальной реальности Командно-инженерного института МЧС

На кафедре пожарной профилактики и предупреждения чрезвычайных ситуаций Командно-инженерного института МЧС (КИИ МЧС) создана тренировочная программа виртуальной реальности. Испытуемым курсантам предлагается перемещаться в зависимости от поворота головы или джойстика в режиме онлайн внутри виртуального промышленного комплекса при помощи шлемов VR и выявлять специально моделируемые нарушения правил пожарной безопасности. Всего программа предусматривает их более 7000 (рис. 16.7).



Рис. 16.7. Тренажер на базе комнаты виртуальной реальности Командно-инженерного института МЧС

Симулятор отработки навыков управления процессом тушения (рис. 16.8). В помещении воссоздаются все сопутствующие реальной работе условия — дым, шумовая и световая атаки, крики пострадавших и статические помехи средств связи. Визуально сложность выполнения работы сразу возрастает. Вокруг дым, под потолком установлен стробоскоп, который постоянно мигает, из колонок слышны сирены, крики и другие сопутствующие пожару звуки. Курсанты переговариваются между собой по рации и все вместе тушат один пожар. Условия максимально приближены к реальным.



Рис. 16.8. Симулятор отработки навыков управления процессом тушения

В программе-тренажере курсантам необходимо правильно рассчитать силы для тушения, грамотно расставить расчеты и точно провести необходимые операции на симуляторе.

Оборудование комнаты виртуальной реальности для МЧС включает в себя:

- стереоскопический экран, который предназначен для создания комнат виртуальной реальности, где стенами являются именно такие стереоэкраны. Ткань экрана способна отражать свет двух поляризаций. На экран проецируется изображение одновременно с двух видеопроекторов;
- специально разработанные линзы к видеопроекторам, которые позволяют получать изображения — с одного видеопроектора с горизонтальной поляризацией света, а с другого — с вертикальной поляризацией. Пользователь

снабжается специальными очками. Очки восстанавливают единую картину. При этом мозг человека воспроизводит ощущение глубины пространства, которая достигает 2–3 м.

16.4. Моделирование пожаров и чрезвычайных ситуаций в городе-тренажере

Подготовка к оперативным действиям во время пожара является важнейшей частью обучения пожарных в SafetyCenterZuid-Holland – учебно-тренировочном городке в Додрехте (Нидерланды), специально сооруженном компанией Naagen Fire Training Products.

Метровое пламя вырывается из машинного отделения грузового судна. Доносятся приглушенные звуки того, как группа газодымозащитников с воздушно-пенным стволом борется с огнем на корпусе судна. Совсем рядом на суше пожар в подземном гараже пробивается на верхние этажи здания. Здесь несколько групп занимаются локализацией и тушением пожара, а также эвакуацией корпуса больницы. Территория с многочисленными зданиями предлагает большое количество ситуационных задач: от комнатного пожара до крупного промышленного, от пожара на судне до аварии поезда. Город-тренажер используется не только пожарными, но и полицейскими. На площади 1000 м² обустроен целый маленький город с возможностью создания очага пожара в жилой зоне, в госпиталях, тюремных камерах, гаражах, промышленных сооружениях, на кораблях или поездах (рис. 16.9–16.11).



Рис. 16.9. Моделирование пожара на SafetyCenterZuid-Holland



Рис. 16.10. Работа с манекенами на SafetyCenterZuid-Holland



Рис. 16.11. Моделирование очагов пожара на SafetyCenterZuid-Holland

Только в одном из зданий можно создать до 26 разных очагов пожара на пяти этажах для нескольких групп пожарных. Контроль осуществляет руководитель на месте, а также электронная система контроля (SCADA), на которой отображаются все события, происходящие в пределах городка. С помощью системы моделирования можно воплощать в жизнь разнообразные сценарии.

16.5. Трехмерные компьютерные модели виртуальных полигонов

Компьютерная модель, или численная модель, – компьютерная программа, работающая на суперкомпьютере или множестве взаимодействующих компьютеров, реализующая абстрактную модель некоторой системы (рис. 16.12).

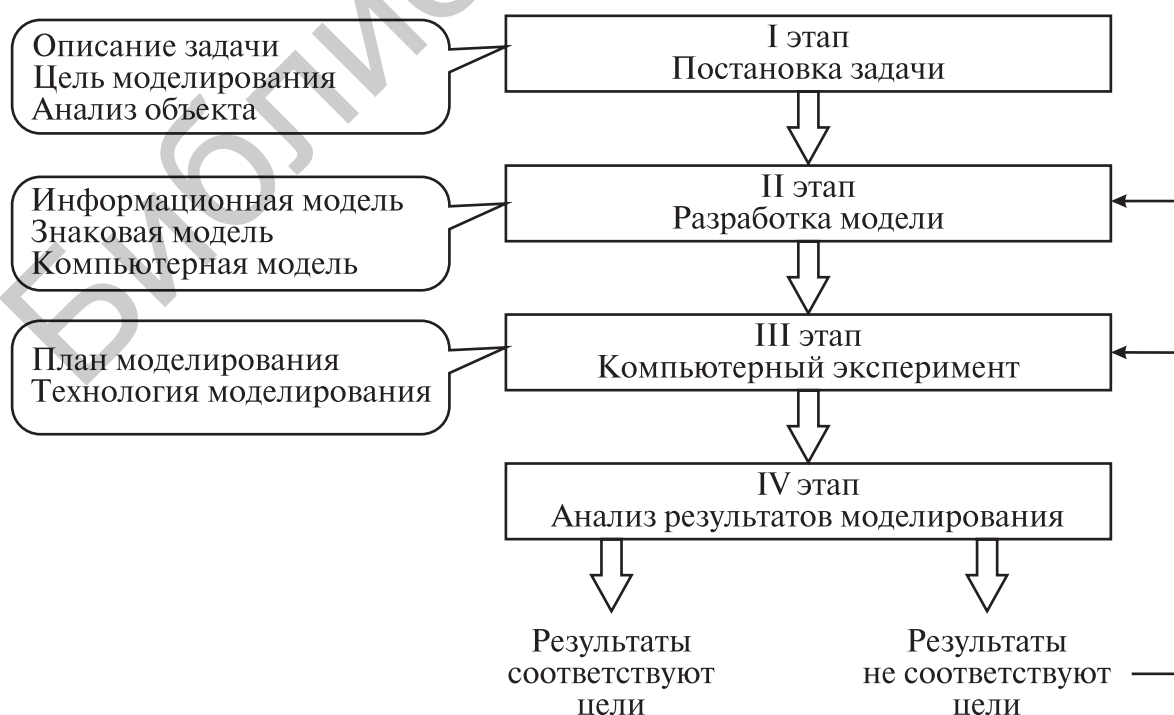


Рис. 16.12. Основные этапы моделирования

Компьютерные модели стали обычным инструментом математического моделирования. Они применяются в различных науках для решения прикладных задач. Компьютерные модели используются для получения новых знаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения систем, слишком сложных для аналитического исследования.

Виртуальный полигон (ВП) представляет собой программно-аппаратную среду, в которой можно моделировать произвольные сценарии с участием инструкторов, лиц, принимающих решения (операторов), тренажеров реальных машин, систем и приборов, подключенных к ним.

Любая точка пространства полигона содержит всю необходимую информацию, а именно: атмосферные условия (температура, давление, влажность и т. д.), химическое, биологическое и радиационное состояние с указанием концентрации и уровня дозы, тип пространства и его параметры (земля, вода, воздух и т. д.). Помимо этого существует еще ряд дополнительных параметров: направление и скорость ветра в различных участках полигона, координаты и состояние тренажеров техники, которая участвует в ситуации, а также показания приборов и систем, подключенных к ВП.

Геоинформационная система (ГИС) предназначена для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ней объектах. ГИС используется и как инструмент (программный продукт), позволяющий пользователям искать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов.

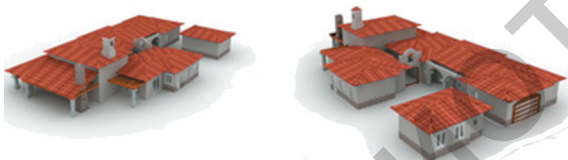


Рис. 16.13. Трехмерная демонстрация спроектированного макета жилого дома с разных ракурсов



Рис. 16.14. Создание цифровой 3D-модели местности

Трехмерная визуализация архитектурных объектов может осуществляться одновременно с изготовлением макета, либо быть единственным способом презентации объекта (рис. 16.13).

На основании архитектурных чертежей, с помощью программы 3Ds Max или специализированных архитектурных программ, таких как AutoDesk, Revit Architecture или Archicad, создается 3D-модель здания (рис. 16.14). Создается модель площадки объекта: рельеф, дороги, тротуары, водоемы, благоустройство. Каждому элементу модели (стены, кровля, окна и т. д.) присваивается соответствующий материал отделки (текстура). Устанавливаются источники света.

Выбираются оптимальные точки обзора объекта (камеры). Затем начинается процесс **рендеринга** – создания фотореалистичного изображения объекта.

Еще одной из сфер применения трехмерной визуализации архитектурных объектов является оцифровка имеющихся картографических материалов и создание цифровой 3D-модели местности.

Также имеются возможности графически оперировать цифровой информацией (рис. 16.15).

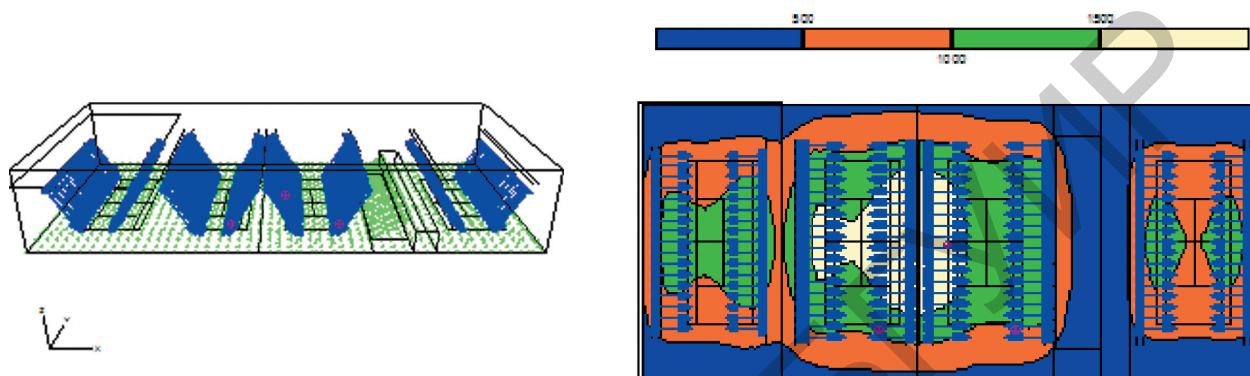


Рис. 16.15. Результаты светотехнического расчета (3D-модель внутреннего пространства здания, освещенность в изолиниях)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предлагаемом вниманию читателей учебном пособии системно излагаются различные аспекты проблем изучения и использования когнитивных технологий. Учебное пособие создавалось, чтобы представить перед студентами компьютерных специальностей горизонты, до которых дошла современная наука в области когнитивных технологий – одного из четырех передовых исследовательских направлений XXI века.

Изучив содержание учебного пособия, можно прийти к следующим основным выводам. Когнитивные технологии созданы, чтобы моделировать мыслительную деятельность человека. Они основаны на моделях с нечеткой логикой и на нейронных сетях. Ключевыми целями, преследуемыми при создании когнитивных систем, выступают: получение новых знаний, принятие решений в сложных ситуациях и интеллектуальная обработка данных. Когнитивная наука изучает, как человек воспринимает мир, как он мыслит, на что обращает внимание, как запоминает информацию и т. д. На основе ее открытий конструируются когнитивные технологии – устройства, учитывающие наше состояние, чувствительные к нашему вниманию и следящие за работой нашего мозга.

В учебном пособии рассмотрены особенности применения когнитивных технологий, эффекты восприятия человеком трехмерной информации. Среди них – стереоэффект, стереопсис, эффекты присутствия и взаимодействия. Изложены принципы действия электронных систем отображения стереоскопической информации. Показаны технологии сканирования трехмерных сцен и предметов для систем виртуальной реальности. Дано представление о трекерах в качестве датчиков перемещения для создания трехмерной визуализации. Проанализирована модульная структура тренажеров для обучения различным навыкам. Предложены примеры и иллюстрации использования технологий трехмерной стереоскопической визуализации данных на производстве, медицине, интернет-торговле, транспорте, нанотехнике, космонавтике, тренажерной технике.

Актуальности данного учебного пособия способствует и то, что его информационное содержимое позволяет студентам на основе изложенных фактов составить представление о перспективах собственного профессионального развития.

Данное учебное пособие может быть использовано в различных образовательных учреждениях как на дневном, вечернем, так и на заочном и дистанционном обучении.

Автор надеется, что учебное пособие будет полезно студентам, магистрантам, аспирантам и специалистам, занимающимся решением задач инженерно-информационного направления.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 7 когнитивных технологий, которые изменяют мир // Русский репортер №41 (169) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : http://expert.ru/russian_reporter/2010/41/tehnologii.
2. Великая когнитивная революция // Русский репортер №48 (326) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://rusrep.ru/article/2010/10/18/cognit>.
3. Когнитивные технологии / Робновости – ресурс новостей о робототехнике, свежих разработках и событиях в мире высоких технологий [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : <http://robonovosti.ru/tehnologii/5030-kognitivnye-tehnologii.htm>.
4. Бернштейн, А. В. Когнитивные технологии в компьютерных системах проектирования и анализе данных / А. В. Бернштейн, А. П. Кулешов [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : https://www.google.by/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjo35jNiLrJAhVF2xoKHV6VCXMQFggkMAI&url=http%3A%2F%2F2008.it-edu.ru%2Fdocs%2FS4%2FKuleshov%2520Bernshteyn%2520Kognitivnie_tehnologii.doc&usg=AFQjCNFFOWpTtCfa9LoTHxfe6vLbZESxKQ&bvm=bv.108194040,d.d2s.
5. Комашинский, В. И. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети / В. И. Комашинский, Н. А. Соколов // Вестник связи. – 2011. – №10. – С. 4–8.
6. Уфимцев, Р. Когнитивные технологии – это просто / Р. Уфимцев // Когнитивист [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : <http://www.cognitivist.ru/er/novice/058.xml>.
7. Когнитивная графика // Портал знаний [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.znannya.org/?view=cognitive-resource-2-1-4>.
8. Сундиев, И. Ю. Когнитивные технологии: темная сторона прогресса / И. Ю. Сундиев // Сайт С. П. Курдюмова [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://spkurdyumov.ru/networks/kognitivnye-tehnologii-temnaya-storona-progressa>.
9. Пунда, Д. И. Когнитивные технологии управления как способы и средства решения проблем современного сложного кризиса – кризиса управления / Д. И. Пунда // Сайт С. П. Курдюмова [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://spkurdyumov.ru/economy/kognitivnye-tehnologii-upravleniya>.
10. Егоров, В. В. К вопросу определения понятия «психологический барьер» / В. В. Егоров // Вестн. Командно-инж. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2007. – №2(6). – С. 21–25.
11. Бершадский, М. Е. Когнитивная образовательная технология / М.Е. Бершадский // Сайт Михаила Евгеньевича Бершадского [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : http://bershadskiy.ru/index/kognitivnaja_obrazovatel'naja_tekhnologija/0-27.
12. Зинченко, Ю. П. Виртуальная реальность в экспериментальной психологии: к вопросу о методологии / Ю. П. Зинченко // Человек как субъект и объект медиапсихологии. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова / Ин-т человека; Изд-во Моск. ун-та, 2011. – С. 58–75.

13. Лосик, Г. В. Информационные системы трехмерной визуализации : метод. пособие к практ. занятиям по дисциплине «Когнитив. графика» для студентов специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психолог. обеспечение информ. технологий» всех форм обучения / Г. В. Лосик, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2012. – 43 с.

14. Быков, А. А. Когнитивные технологии : пособие / А. А. Быков, Е. А. Мельникова, К. Д. Яшин. – Минск : БГУИР, 2015. – 87 с.

15. Егоров, В. В. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Когнитивная графика» для специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» / В. В. Егоров [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : http://abitur.bsuir.by/online/showpage.jsp?PageID=83979&resID=116608&lang=ru&menuItemID=116704&pagenum=6&_URL_=%2Fonline%2Fshowpage.jsp&versionid=1&resourceID=116608&templateID=116702.

16. Величковский, Б. М. Современная когнитивная психология / Б. М. Величковский. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 336 с.

17. Величковский, Б. М. Когнитивная наука: основы психологии познания. В 2 т. / Б. М. Величковский. – М. : Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – Т. 1. – 448 с.; Т. 2. – 432 с.

18. Лобанов, А. П. Когнитивная психология : учеб. пособие / А. П. Лобанов. – Минск : Новое знание, 2014. – 384 с.

Учебное издание

Егоров Владислав Владимирович

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Чайковская*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка *В. В. Егоров*
Оригинал-макет *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать 24.03.2017. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Newton».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 14,07. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 300 экз. Заказ 24.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,

№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.

ЛП №02330/264 от 14.04.2014.

220013, Минск, П. Бровки, 6