

Исследование психофизиологической деятельности оператора в среде виртуальной реальности

Владислав Захаревич, Игорь Сурженко, Валерий Сапрунов, Владимир Шаповал
Таганрогский государственный радиотехнический университет
Таганрог, Россия

Аннотация

Рассматриваются архитектура и функции исследовательского комплекса, позволяющего регистрировать и анализировать физиологические и поведенческие характеристики оператора сложного технического объекта. Для моделирования внешней среды используются средства виртуальной реальности. Синтезируемая виртуальная сцена обеспечивает погружение оператора-человека в реалистичную обстановку. Описываются компоненты виртуальной сцены, сценарий проведения эксперимента.

Ключевые слова: моделирование, визуализация, виртуальная реальность, виртуальная сцена, сценарий, психофизиологическое состояние, оператор.

1. ВВЕДЕНИЕ

Операторы современных сложных технических объектов должны действовать в условиях высокой информационной нагрузки, стрессагенных факторов, дефицита времени на принятие решений.

Исследование и анализ психофизиологических характеристик операторов в перспективе позволит решить задачи создания методик выявления информативных показателей функционального состояния, методик эффективного управления и принятия решений, индивидуального обучения операторов. В конечном счете это позволит повысить качество функционирования человека-оператора и надежность принимаемых им решений.

В работе предполагается, что деятельность человека-оператора связана с управлением сложным техническим объектом в динамически изменяющейся среде и формируется средствами виртуальной реальности. В качестве модели деятельности предлагается многоэтапное управление морским подвижным объектом - носителем системы управления оружием. Задача человека-оператора состоит в управлении морским подвижным объектом и управлении системой управления оружием при перемещении объекта-носителя из одного пункта в другой пункт в условиях ограничения времени и наличия нескольких объектов-целей, которые необходимо уничтожить, так как они представляют опасность для объекта-носителя и "жизни" оператора..

Здесь временной показатель выступает в качестве критерия выполнения задачи. Кроме того, во внимание принимается цена деятельности, связанная с доходами (затратами) от реализации принимаемых решений. Цена деятельности может определяться психофизиологическими изменениями. Основной целью является выявление индивидуальных стратегий человека-оператора с последующим управлением им на информационном уровне. Информационное управление состоит в рекомендациях человеку-оператору по применению и реализации тактических и стратегических управляющих решений.

Важным аспектом исследования является психофизиологическая оценка цены деятельности. При этом параллельно с измерением параметров деятельности и поведения снимаются психофизиологические (биологические) параметры, которые в дальнейшем обрабатываются для получения интегральных показателей. Основная цель состоит в определении закономерностей между параметрами поведения и психофизиологическими показателями. На основе определения закономерностей между параметрами поведения и психофизиологическими показателями реализуется задача психофизиологического управления человеком-оператором посредством биологической обратной связи.

В данной работе основное внимание уделяется общим вопросам постановки экспериментов на исследовательском комплексе, особенностям формирования виртуальной сцены и реализации заданного сценария проведения эксперимента в виртуальной среде.

2. АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА

Архитектура комплекса для исследования состояния и деятельности человека-оператора в среде виртуальной реальности приведена на рисунке 1.

Компонентами исследовательского комплекса являются:

- ♦ система обработки информации и управления - вычислительное ядро исследовательского комплекса;



Рис.1. Архитектура комплекса для исследования состояния и деятельности человека-оператора в среде виртуальной реальности

- ◆ средства формирования обстановки виртуальной реальности (ВР), включающие:
 - шлем (очки) виртуальной реальности, обеспечивающий вывод стереоскопического трехмерного изображения виртуальной сцены и слежение за направлением взгляда;
 - электронные перчатки, обеспечивающие создание эффектов прикосновения, сопротивления, взятия объектов, определение положения рук в пространстве;
 - аттракторы, обеспечивающие создание эффектов вибрации, ударов;
 - акустическую систему, обеспечивающую создание объемных звуковых эффектов;
- платформу, обеспечивающую создание эффектов пространственного движения, ускорения, вращения.
- ◆ система формирования изображения и звука, которая обеспечивает расчет и управление виртуальной внешней средой при погружении в виртуальную реальность (ВР) посредством трехмерной графики, объемного звука;
- ◆ система формирования тактильных ощущений, которая обеспечивает подготовку и формирование ощущений прикосновения, сопротивления и др.;
- ◆ система управления приводами платформы, которая обеспечивает расчет и формирование пространственного положения, движения, вращения;

- ◆ система подготовки сеансов исследования, управления процессами и обработки результатов, которая обеспечивает возможность управления комплексом инженеру-исследователю;
- ◆ система подготовки, управления и обработки результатов контроля психофизиологического состояния, которая обеспечивает медицинский контроль и учет психофизиологического состояния операторов, управление состоянием человека-оператора врачом-исследователем;
- ◆ система технической телеметрии, обеспечивающая передачу данных от датчиков реальных приборов и средств ВР в систему обработки информации и управления;
- ◆ система датчиков и средств ввода медико-биологической информации. Датчики медико-биологической информации обеспечивают съем информации с человека-оператора, средства ввода медико-биологической информации предназначены для воздействия на человека-оператора определенными раздражителями с целью оценки реакции и управления состоянием;
- ◆ система ввода-вывода медико-биологической информации, которая включает средства сжатия, восстановления, контроля передачи данных, специальные средства генерации внешних воздействий;
- ◆ специализированные средства медицинского контроля и диагностики, которые обеспечивают предварительную обработку результатов, передачу информации в систему обработки и управления.

Особенностью технологии исследования с психофизиологической обратной связью является использование аппаратуры и программного обеспечения биологического контроля человека-оператора, мониторинга их состояния, обработки медико-биологической информации специальными средствами и системами (электроэнцефалография - ЭЭГ, электрокардиография - ЭКГ, электромиография, стабิโลграфия, реография, оксигемометрия и т.п.).

Используя интерактивное управление синтезом виртуальной внешней среды, задаваемой специалистом - руководителем эксперимента достигаются следующие цели:

- создание типовых и нештатных ситуаций и комплексная оценка реакции операторов;
- нахождение индивидуальной методики психофизиологической адаптации оператора к различным ситуациям;
- управление психофизиологической нагрузкой на оператора в процессе исследования для достижения рациональных нагрузок;
- повышение эффективности выработки у операторов навыков работы с системами и приборами в различных режимах работы.

Используя интерактивное управление медико-биологическими средствами со стороны врача-исследователя достигаются следующие цели:

- оценка и анализ психофизиологических свойств человека-оператора;
- воздействие на человека-оператора специальными раздражителями, оценка и анализ результатов воздействия;
- управление состоянием человека-оператора.

3. СЦЕНАРИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Реализуемая в настоящее время упрощенная конфигурация исследовательского комплекса предполагает, что оператор-исследуемый сидит за пультом управления автоматизированного рабочего места виртуальной реальности. К оператору подключены биодатчики медицинских исследовательских систем (ЭКГ, ЭЭГ), которые обеспечивают съем и регистрацию биологической информации в реальном времени.

Оператор также оборудован следующими компьютерными средствами виртуальной реальности и мультимедиа:

- стереочками или шлемом виртуальной реальности с механизмом слежения за углами поворота головы оператора;
- стереонаушниками;
- джойстиком.

Входными информационными каналами для оператора являются:

- визуальный стереоскопический (объемный);
- аудио стереоскопический.

Основным информационным каналом для оператора является визуальный. Средствами виртуальной реальности обеспечивается реалистичное объемное изображение сцены, представляющей собой морскую фоноцелевую обстановку.

Оператор имеет вооружение с ограниченным боезапасом и его цель - поразить несколько целей (наземных, воздушных или морских) за ограниченный интервал времени.

Управление оружием осуществляется с помощью джойстика. Программно для оператора создается обстановка с постоянно растущим уровнем тревоги. Это создается путем гарантированных промахов при первых выстрелах по цели, передачи по аудиоканалу все более тревожной музыки, появлением тумана, маскирующего цели.

Второй частью визуальной информации, наблюдаемой оператором, является окно психофизиологического состояния (ПФС) оператора, представляющее собой условное графическое двумерное изображение некоторого точечного (или более сложного) объекта в некотором неоднородном пространстве. Окно ПФС формируется на мониторе автоматизированного рабочего места обработки биологической информации. В окне оператор видит свое текущее ПФС, процесс его изменения во времени (след-траектория движения), точку в центре окна, соответствующую идеальному ПФС.

Построение визуальной сцены фоноцелевой обстановки (ФЦО) осуществляется с частотой 25-50 кадров в секунду (при развертке экрана >100Гц). Построение окна ПФС осуществляется в темпе 10 Гц.

Для того чтобы оператор в первой фазе эксперимента испытал реальные элементы ухудшения ПФС, обеспечивается сравнение начального и текущего состояния оператора. ФЦО усложняется до тех пор, пока текущее ПФС не выйдет за пределы некоторой границы, невидимой оператору, или интегральный индекс ПФС не ухудшится на некоторое абсолютное значение. После этого снимается блокировка попаданий в цель, что через некоторое время должно привести к улучшению показателя ПФС.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ СЦЕНЫ

4.1 Общее описание сцены

Сцена представляет собой район размером 25*25 км. Часть сцены - морская поверхность, волнение моря до 1 балла. Часть сцены – береговая скалистая местность. Берег занимает северную границу сцены глубиной до 2 км. Высота береговых скал – до 150 м.

На рисунке 1 приведена "проволочная" модель фрагмента сцены при взгляде на сцену сверху. На рисунке 2 показан текстурированный фрагмент сцены.

На сцене расположены статические и динамические объекты-цели, а также катер - носитель системы вооружения с испытуемым оператором.

Возможные статические цели:

- незамаскированные наземные укрепления с огневым вооружением;
- замаскированные под береговой ландшафт огневые точки.

Возможные динамические цели:

- малоразмерные воздушные цели;
- морские цели сверхлегкого и легкого классов (моторные лодки, яхты, сторожевые корабли).

Рис. 1: "Проволочная" модель фрагмента сцены

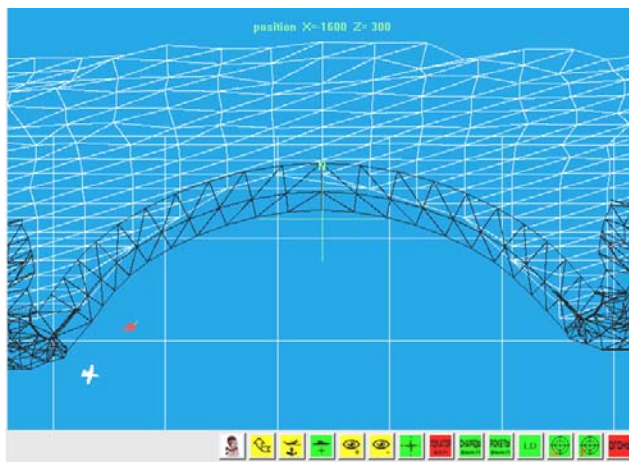


Рис. 2: Текстурированный фрагмент сцены



Имитируются различные погодные условия и различное время суток (туман, вечер, утро, ночь). На рисунке 3 приведен типичный вид сцены, видимой оператором.



Рис. 3: Типичный вид сцены

4.2 Описание объектов – целей

Цели ранжируются по степени опасности путем задания периода времени гарантируемого уничтожения

носителя (испытуемого оператора). Чем меньше этот период времени - тем опаснее цель. Если цель не уничтожена за этот период времени, то считается, что катер-носитель уничтожен.

Динамические цели движутся по заранее заданным траекториям. Сближение носителя с динамической целью повышает вероятность уничтожения носителя. Статические замаскированные цели могут быть обнаружены по периодическим вспышкам выстрелов. На рисунке 4 приведена динамическая цель - катер.



Рис. 4: Динамическая цель - катер

4.3 Задачи, решаемые оператором

Оператор должен во все усложняющихся условиях эксперимента (повышение плотности тумана, уменьшение освещенности) последовательно уничтожить все динамические и статические цели с учетом их степени опасности.

При этом оператор имеет следующие возможности:

- управлять скоростью и направлением движения носителя;
- управлять направлением просмотра (направлением взгляда) оптико-электронной системы слежения;
- при панорамном поиске целей изменять фокусное расстояние оптико-электронной системы слежения (дискретно, 3 фиксированных значения);
- переводить комплекс управления оружием в режим автоматического или ручного сопровождения цели;
- выбирать вид применяемого оружия (ракетное, артиллерийское);
- применять оружие (нажатие клавиши «Огонь»);

- оценивать обстановку по картографическому изображению местности;
- просматривать список активных целей с ранжированием их по степени опасности в любой момент времени.

Управление катером-носителем и системой вооружения осуществляется оператором при помощи кнопок управления, расположенных снизу от изображения виртуальной сцены.

На рисунке 5 приведен вид сцены при средней плотности тумана. На рисунке 6 приведен кадр изображения, соответствующий захвату цели системой управления оружием. На рисунке 7 приведен фрагмент изображения после поражения цели.

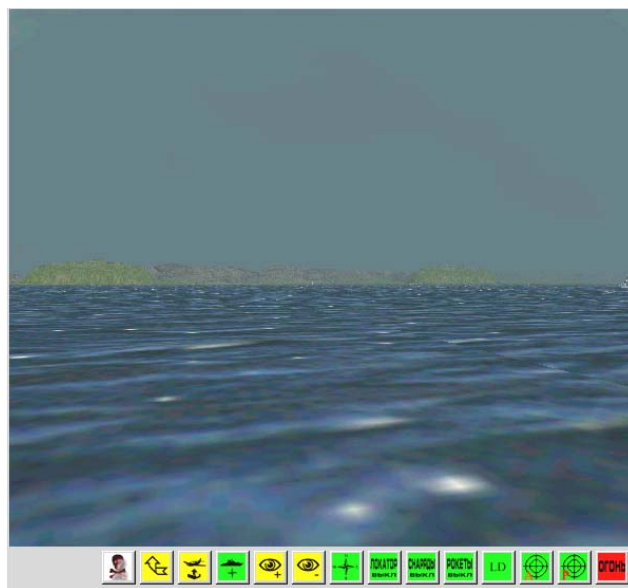


Рис. 5: Сцена с туманом



Рис. 6: Захват цели



Рис. 7: Поражение цели

4.4 Факторы создания стресса

В процессе проведения сеанса эксперимента на оператора влияют следующие стрессовые факторы:

- обратный отсчет времени до уничтожения носителя с оператором с подачей все более тревожных звуковых сигналов;
- ухудшение внешних условий, влияющих на эффективность поиска целей (сгущение тумана, ухудшение освещенности, удаление, маневрирование целей);
- удаление маркера ПФС оператора от нормального положения в зону дискомфорта.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены материалы, полученные при создании автоматизированного рабочего места виртуальной реальности в составе исследовательского комплекса. Основные параметры компьютера, используемого для формирования обстановки виртуальной реальности: Pentium III 700/RAM 128 Mb/Video 32 Mb Riva TNT. При этом получена производительность синтеза виртуальной сцены 28-35 кадров в секунду.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] V. Zakharevitch, I. Surzhenko, V. Shapoval. Tools for the research on operators behavior in virtual environment. Modeling and Simulating Sensory Response for Real and Virtual Environments, John D. Illgen, Edwin A. Trier, Editors, SPIE Proceedings Vol.3367, 144 pages, ISBN: 0-8194-2816-7, 1998, USA, pages 129-134.

[2] Астанин С.В., Захаревич В.Г. Информационно-советующие комплексы систем гибридного интеллекта.- Таганрог: Изд. Таганрогского государственного радиотехнического университета, 1997, 136 с.

Авторы:

Владислав Захаревич, д.т.н. ректор Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ. Адрес: Таганрог, 347928, переулок Некрасовский, 44, т. (863-44) 650-67, E-mail: rector@trtu.rnd.su

Игорь Сурженко, к.т.н. директор НКБ "МИУС" при ТРТУ. Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 649-93, E-mail: otdel15@ttpark.ru

Валерий Сапрунов, начальник отдела НКБ "МИУС" при ТРТУ. Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: otdel15@ttpark.ru

Владимир Шаповал к.т.н., начальник сектора НКБ "МИУС" при ТРТУ. Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: shapoval@ttpark.ru

Research of the psychophysiological activity of the operator in virtual reality environment

In this paper we consider architecture and functions of a research complex allowing to register and to analyze physiological activity of the characteristic of the operator of technical object. For modeling external environment the means of a virtual reality are used. The components of a virtual scene, scenario of realization of experiment are described.

Keywords: simulation, visualization, virtual reality, virtual scene, scenario, psychophysiological condition, operator.

Vladislav Zakharevitch, Rector, Head of University, Taganrog State University of Radio Engineering
Address: Taganrog State University of Radio Engineering (TSURE), 44, Nekrasovsky by-street, Taganrog, 347928, Russia, e-mail: rector@trtu.rnd.su

Igor Surzhenko, Director of Design Bureau, State University of Radio Engineering
Address: TSURE, 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia, e-mail: root@ttpark.ru

Valery Saprunov, Chief of Department, State University of Radio Engineering.
Address: TSURE, 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia, e-mail: otdel15@ttpark.ru

Vladimir Shapoval
Chief of Laboratory, State University of Radio Engineering
Address: TSURE, 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia, e-mail: shapoval@ttpark.ru