

Информационная модель восприятия визуальной информации человеком

В.Э. Янчус¹

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация

Современные летательные аппараты являются сложными устройствами. Оператору управляющему такими системами необходимо анализировать в реальном времени большой поток данных о текущем состоянии объекта управления. Скорость восприятия этой информации напрямую влияет на скорость и точность управления. Для построения эффективных интерфейсов систем управления с функцией адаптивности под оператора требуется знать особенности восприятия визуальной информации человеком. Механизм восприятия визуальной информации представляет совокупность сложных разнородных процессов. На основе результатов проведенных исследований восприятия визуальной информации в лаборатории человеко-компьютерного взаимодействия Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого предложена информационная модель механизма восприятия визуальной информации человеком, суть которой сводится к анализу обработки данных элементами этой системы. Экспериментальные исследования проводились с использованием программно-аппаратного комплекса ай-трекинга. Предложенная модель дает новый подход для анализа взаимодействия оператора с пользовательским интерфейсом в сложных симбиотических системах управления удаленными объектами.

Ключевые слова

Информационно-управляющее поле, симбиотическая система, адаптивный интерфейс, визуальные данные, технология ай-трекинга, информационная модель.

Information Model of the Mechanism of Human Perception of Visual Information

V.E. Yanchus¹

¹ Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya, 29, St.Petersburg, 195251, Russia

Abstract

The modern airplanes are complex systems. The operator, who managing such systems, analyzes a large stream of data about the current state of the control object in real time. The speed of perception of this information directly affects on the speed and the accuracy of control. It is necessary to know the peculiarities of the human perception of visual information, for build effective interfaces of control systems with the function of adaptability for the operator.

The mechanism of perception of visual information is a set of complex processes. There are the studies of visual information perception in the laboratory of human-computer interaction of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Based on the results fo this studies an information model of the mechanism of human perception of visual information is proposed. The mechanism is reduced to the analysis which of the system elements has an which type of the data processing. Experimental studies were carried out using the hardware and software complex of eye-tracking.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: victorimor@mail.ru (В.Э. Янчус)

ORCID: 0000-0001-7220-0819 (В.Э. Янчус)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

The proposed model provides a new approach for analyzing the interaction of the operator with the user interface in complex symbiotic control systems for remote objects.

Keywords

Information and control field, symbiotic system, adaptive interface, visual data, eye-tracking technology, information model.

1. Введение

Информационно-управляющее поле (ИУП) современных летательных аппаратов (ЛА) оперирует большим количеством данных. Скорость восприятия этих данных оператором напрямую влияет на скорость управления летательным аппаратом. Актуальными являются исследования по эффективно считываемой форме представления оперативных данных, эргономической оценке и выборе оптимального варианта интерфейса, позволяющего минимизировать информационную загруженность и улучшить ситуационную осведомленность пилота [1].

Удобство работы пользователя с программным приложением описывается эргономическими характеристиками. В качестве эргономических характеристик рассматриваются показатели Шнейдермана:

- скорость работы пользователя;
- количество человеческих ошибок;
- субъективная удовлетворенность пользователя;
- скорость обучения пользователя навыкам работы с пользовательским интерфейсом;
- степень сохранения навыков работы с пользовательским интерфейсом при длительном неиспользовании программного приложения.

Значения эргономических характеристик пользовательского интерфейса тесно связаны с психофизиологическими особенностями пользователя по обнаружению, различению и распознаванию визуальной информации. Различия в условиях обнаружения, восприятия и распознавания символов, отображаемых в пользовательском интерфейсе, приводят к различиям при выполнении действий, необходимых для решения одной и той же задачи одним и тем же пользователем. Различным вариантам отображения символов соответствует различное время выполнения действий [2].

По мере усложнения летательных аппаратов и увеличении их возможностей, усложняются и интерфейсы управления, как во «внутренней» части реализации программного кода, так и в визуальной составляющей, обеспечивающей пользовательский интерфейс. Перспективным направлением в проектировании систем управления является легкость обучения оператора, субъективная удовлетворенность от работы с интерфейсом системы и степень сохранения навыков оперирования, а также снижение количества возможных ошибок как со стороны пользователя, так и со стороны программы.

Однако, функционирование пользовательских интерфейсов информационных систем, в том числе и специализированного профиля, обладают низкой эффективностью, одной из причин которой является отсутствие возможности проводить формализованную оценку интерфейсов [3].

Существующие методы оценки графических пользовательских интерфейсов носят по большей части субъективный характер, основанный на мнениях экспертов или проводимых тестированиях, что не позволяет предоставить объективные обоснованные результаты о степени качества интерфейсов [4].

Все вышесказанное определяет актуальность исследования восприятия информации оператором при взаимодействии с ИУП.

2. Теоретическая часть

Интегрированные многофункциональные системы, информирующие пилота о состоянии систем летательного аппарата и окружающей обстановки, существенно изменили облик кабины экипажа. Использование прогрессивных технологий визуализации информации, пространственных и тактильных интерфейсов, позволяет проектировать и реализовывать новые адаптивные человеко-машинные интерфейсы в системах управления летальными аппаратами. Задача адаптивных интерфейсов состоит в повышении уровня комфорта и ситуационной осведомленности пилота, уменьшении когнитивной нагрузки на него, что в итоге ведет к повышению безопасности полетов [5]. Проектирование интеллектуальных интерфейсов – это междисциплинарная область, которая основана на изучении взаимодействия людей-пользователей с компьютерными системами, состоящими из пользовательского интерфейса и процессов, лежащих в основе его функционирования.

Архитектура современных бортовых комплексов летательных аппаратов с интегрированным искусственным интеллектом позволяет обеспечивать адаптируемость человеко-машинных (пользовательских) интерфейсов [6,7]. Возможности адаптации пользовательского интерфейса с учетом текущей полетной ситуации, психофизиологического состояния пилота и технического состояния бортового оборудования летательного аппарата являются современными эргономическими концепциями проектирования информационно-управляющего поля кабины экипажа [5].

Для обеспечения адаптируемости пользовательского интерфейса под работу оператора (пилота) требуется изучение механизма восприятия визуальной информации человеком.

Схема преобразования изображений окружающего мира в предметный образ в головном мозге представлен на рисунке 1. Процесс создания образа в мозге человека основывается на физических, оптических, химических, биологических, психофизиологических и культурно-воспитательных законах, которые определяют конечный результат.

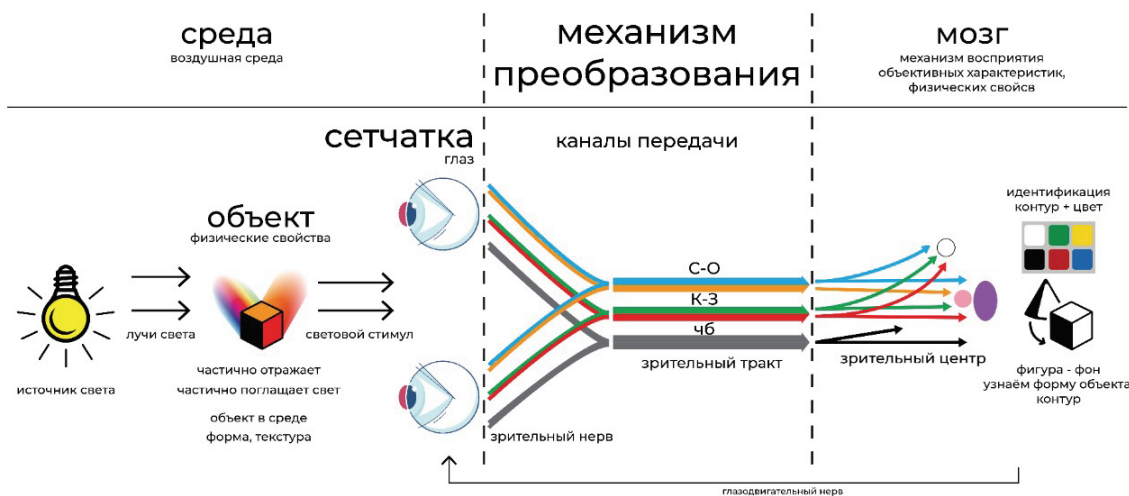


Рисунок 1 – Схема преобразования изображений окружающего мира в предметный образ в головном мозге

Физические и оптические законы работают в среде. Механизм преобразования визуального образа в передающиеся по нейронам сигналы основывается на физических, биологических и психофизиологических законах. Как работает головной мозг – это загадка природы и полному описанию не поддается ввиду симбиоза сложных разнородных процессов, где с одной стороны находится физика, а с другой культура, воспитание, наука, обучение, социология и т.п.

Рудольф Арнхейм, в своих работах, предполагает, что аналитическая обработка визуальной информации начинается с момента сканирования изображения глазом [8]. Однако, это спорное утверждение, поскольку на начальных этапах предметный образ не создан и, соответственно, нет предмета для аналитической работы мозга. Механизм восприятия визуальной информации можно представить упрощенно (рисунок 2). Одним из основных элементов в теории

построения любых систем управления является обратная связь. Это касается как аналоговых, так и цифровых систем управления, начиная от простых, типа управление приводом станка, до сложных, таких как система управления самолетом в автоматическом режиме. Можно утверждать, что эта обратная связь является своеобразным «интеллектом» таких систем. Обратная связь придаёт системе устойчивость к разного рода возбуждениям и увеличивает точность работы и общую стабильность системы.

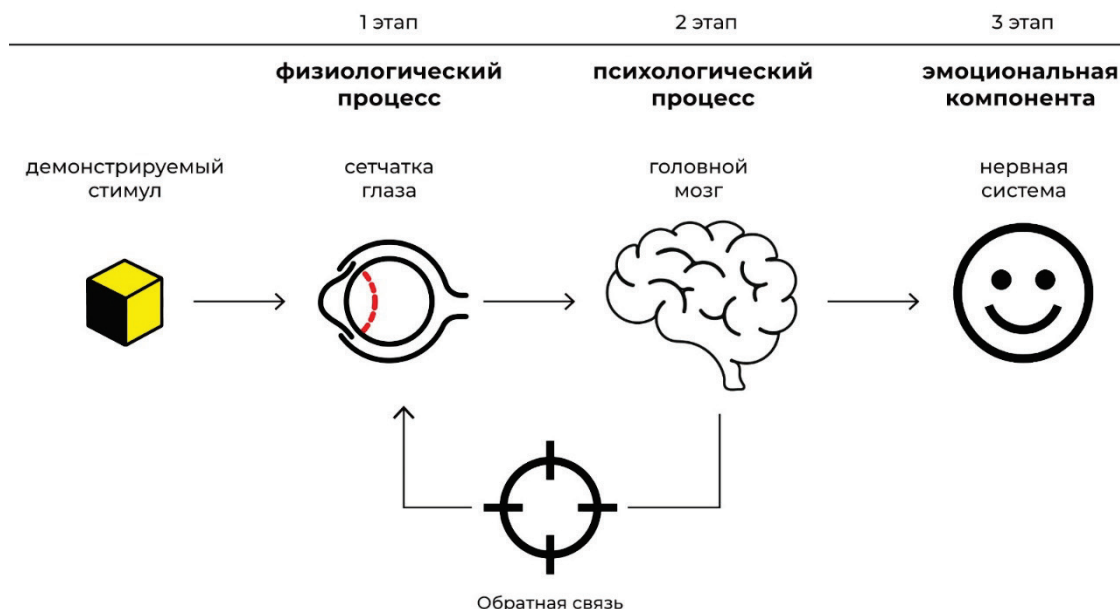


Рисунок 2 – Механизм восприятия визуальной информации

3. Информационная модель механизма восприятия визуальной информации

Попытки решения проблемы управления в «сложной системе» привели к созданию симбиотических систем, компенсирующих функциональную недостаточность и ограничения психофизиологических качеств человека с использованием технологий искусственного интеллекта [9]. Работа такой системы строится на взаимодействии естественного и искусственного интеллектов. Суть взаимодействия сводится к обмену данными, которые в результате обработки человеком и компьютером превращаются в информацию.

Само по себе определение информации в науке дискуссионное. В учебнике по информатике С.В. Симоновича можно найти простое определение: «информация – совокупность данных и адекватных им методов» [10]. Исходя из этого определения можно сделать умозаключение, что взаимодействие оператора с компьютером в симбиотической системе управления удаленным объектом сводится к непрерывному обмену информацией между разными формами интеллекта и обработке этой информации человеком и компьютером. Анализ схемы механизма восприятия информации подразумевает рассмотрение всех разнородных процессов.

В лаборатории «человеко-компьютерного взаимодействия» Санкт-Петербургского университета Петра Великого ведутся исследования механизма восприятия визуальной информации человеком с использованием технологии ай-трекинга. За 10 лет накоплен большой опыт проведения экспериментов, в которых решаются различные задачи испытуемыми при работе со стимульным материалом. На основании проведенных экспериментов предлагается информационная модель восприятия визуальной информации человеком (рисунок 3), которая может служить хорошей методологической основой для анализа поведения человека при взаимодействии с компьютером посредством пользовательского интерфейса.

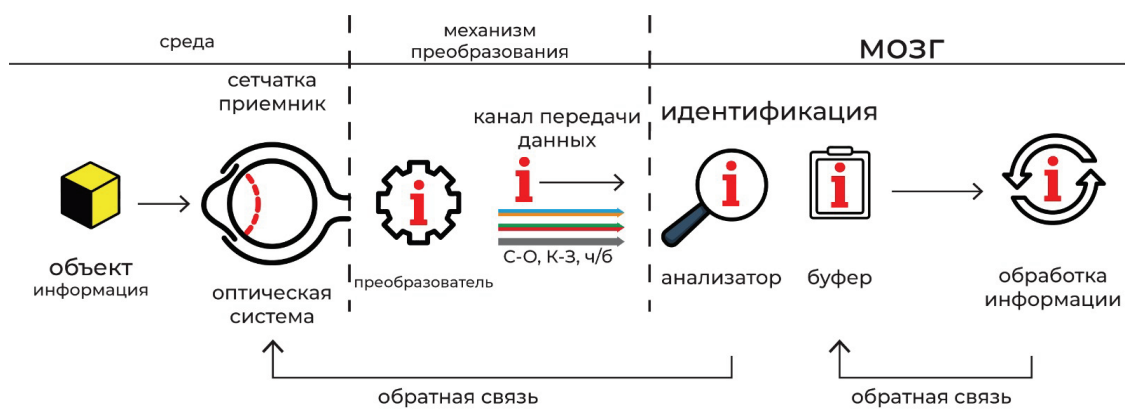


Рисунок 3 – Информационная модель восприятия визуальной информации

Окружающая человека среда состоит из визуальных данных, которые в процессе восприятия проходят определенную обработку и превращаются в информацию, которая анализируется головным мозгом. Результатом работы головного мозга, как следствие обработки воспринятой информации, является либо визуальное суждение (эмоция), либо какое-то действие (осознанное – на основе визуального суждения или подсознательное). В этом заключается отличие от искусственного интеллекта, поскольку результатом выполнения компьютерной программы является управление аппаратными средствами [10].

Накопленные экспериментальные данные позволяют определить некоторые особенности функционирования информационной модели. Исследование функционирования информационной модели проводилось на основе статистического анализа шаблона рассматривания стимульного материала – набора параметрических данных, получаемых в результате эксперимента с программно-аппаратного комплекса ай-трекинга SMI RED 250 [11].

Хрусталик глаза является оптической системой с достаточно слабыми характеристиками. Обратная связь из блока идентификации существенно усиливает оптические характеристики за счет дополнения получаемой информации накопленным в процессе жизни опытом.

Первичное преобразование визуальных данных происходит на сетчатке глаза [12].

Далее происходит передача данных по трем независимым каналам: чёрно-белому, желто-синему и красно-зелёному.

Далее данные поступают в анализатор, где происходит их преобразование в информацию, то есть происходит создание простых образов. Эти простые образы заполняют некоторый буфер (если образов несколько) и затем передаются в головной мозг. Если человеку не требуется решать сложную аналитическую задачу, то реакция на полученную информацию может сформироваться на этом этапе. При проведении экспериментов мы ставили перед испытуемым простые задачи, чтобы минимизировать влияние аналитической работы мозга по решению сложной задачи на параметры шаблона рассматривания. При решении сложной аналитической задачи время решения становится значительно выше времени создания предметного образа и влияние изменяемых факторов в стимульном материале становится статистически не значимым.

Концепция информационной модели восприятия визуальной информации человеком заключается в том, что каждый её элемент выполняет определенные операции по обработке данных (в данном случае, данные рассматриваются в широком смысле). Итогом этого преобразования является информация в виде предметного образа в головном мозге человека.

Каждый элемент в представленной схеме имеет определенные технические параметры и алгоритмы преобразования данных (рисунок 3) и выполняет определенные функции:

- оптическая система (зрачок и приводящие мышцы) создает условия для проецирования изображения окружающей среды на сетчатку глаза;
- преобразователь (сетчатка глаза) фиксирует визуальные данные и выполняет их первичное преобразование для передачи по каналам связи;
- канал передачи (три канала – чёрно-белый, сине-оранжевый и красно-зелёный) выполняет передачу в анализатор;

- анализатор изображения выполняет первый этап преобразования данных в информацию – создание предметного образа;
- некоторый «буфер» для фиксации элементов образа (или нескольких простых форм);
- головной мозг, где создается предметный образ, который используется для аналитической обработки и принятия определенного действия (суждения, реакция, действие).

«Буферная» память является важным элементом при создании любых систем передачи информации. У человека наличие такого элемента подтверждается экспериментами [13], при увеличении количества объектов слежения оператор начинает терять контроль над ними.

Анализ схемы позволяет сделать ряд выводов:

1. Визуальная информация воспринимается человеком за конечное время.
2. Восприятие информации зависит от решаемой задачи оператором [14].
3. Восприятие информации зависит от цветовых сочетаний, используемых в разработанном интерфейсе [14].

4. Выводы

Исследования по эффективно считываемой форме представления оперативных данных, эргономической оценке и выборе оптимального варианта интерфейса, позволяющего минимизировать информационную загруженность и улучшить ситуационную осведомленность пилота являются актуальными.

В работе предложена информационная модель восприятия визуальной информации человеком при взаимодействии с компьютером. Предложенная модель дает новый подход при анализе работы симбиотической системы человек-компьютер.

Механизм восприятия информации нетривиален и требует дальнейшего исследования в различных условиях.

5. Список источников

- [1] Грешников И.И., Лаврова Г.А., Сальников Т.Д., Златомрежев В.И., Сергеева Г.В. Методика субъективных оценок информационно-управляющего поля кабины пилотов// Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2020. Т. 22. № 3. С. 18-25.
- [2] Черников Б.В., Попов А.А. Оптимизация эргономических параметров интерфейса информационной системы //Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 3 (188). С. 65-77.
- [3] Головач В.В. Дизайн пользовательского интерфейса. // Usethics, 2005-2008. 97 с.
- [4] Терёхин С.Н, Минкин Д.Ю, Вострых А.В. Алгоритм оценки гармоничности цветовой схемы графических пользовательских интерфейсов информационного обеспечения деятельности подразделений МЧС России. / Научно-аналитический журнал вестник санкт-петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России, 2021. № 3, С. 66-73.
- [5] Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В., Земкин В.А. Авиационные человеко-машинные интерфейсы: состояние и перспективы развития/ В сборнике: актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. сер. "Труды института психологии ран" Москва, 2021. с. 211-230.
- [6] Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В. Эволюция архитектуры комплекса бортового оборудования воздушных судов / Авиационные системы в XXI веке. Сборник докладов. Председатель Организационного и Программного комитетов конференции Сергей Юрьевич Желтов. 2017. С. 19-28.
- [7] Чуянов Г.А., Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И., Кравченко С.В. Направления совершенствования бортового оборудования для повышения безопасности полетов воздушного судна // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 6 (155). С. 219-229.
- [8] Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / Сокр. пер. с англ. В.Н. Самохина, общ. ред. и вст. ст. В.П.Шестакова. — М.: Прогресс, 1974. — 288 с.

- [9] Сергеев С.Ф. Интеллектуальные симбионты организованных техногенных средств управления подвижными объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 9. С. 30-36.
- [10] Симонович С.В. Информатика. Базовый курс: Учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт третьего поколения. — СПб.: Питер, 2011. — 640 с.
- [11] Новый стиль. Система удаленного трекинга глаз RED 250 / RED 500 [Электронный ресурс] URL: https://newstyle-y.ru/high-school/group_2164/group_2166/item_11065/ (дата обращения 28.03.2022).
- [12] Юрьев Ф.И. Цветовая образность информации. Том второй. Гармония сфер / Киев. — 2007. — 327 с.
- [13] Сергеев С.Ф. Глазодвигательная активность оператора радиолокационной станции при работе с групповыми целями / С. Ф. Сергеев, А. И. Губанов, Д. Ю. Кириллов // Эргодизайн. — 2021. - №4 (14). — С. 283-287. DOI: 10.30987/26584026-2021-4-283-287.
- [14] Янчус В.Э., Боревич Е.В. Исследование значения цветового решения в процессе гармонизации кинокадра // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2016. — № 4. — С. 53-68.