

ТРЕХМЕРНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЛОСКОСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

АНТИПОВ В. Н. *, Казанский федеральный университет, Казань, Россия,
e-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

ЖЕГАЛЛО А. В. **, Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия,
e-mail: zhegs@mail.ru

В статье представлены исследования по изучению способности трехмерного восприятия плоскостных изображений. Регистрация движения глаз на бинокулярном айтрекере показала, что фокусировка происходит вне плоскости расположения плоскостного изображения, а глубина восприятия соизмерима с глубиной стереограмм, трехмерных (3D) растровых изображений. Получены статистические подтверждения восприятия глубины, объема. По результатам исследований разработана и апробирована система обучения восприятию плоскостных изображений.

Ключевые слова: компьютер, среда обитания, адаптация, обучение, движение глаз, пространственная перспектива и объемность плоских изображений, рельефность.

Введение

Формирование у наблюдателя адекватного зрительного восприятия окружающей среды происходит в ходе деятельности, направленной на познание и изменение окружающего мира. Отсутствие опыта восприятия определенных объектов или же опыта восприятия известных объектов в изменившихся условиях приводит к значительным затруднениям при опознавании. Так, например, в воспоминаниях И.А. Ефремова о Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции 1946–1949 гг. отмечается: «Не раз уже я замечал, что проводники, уверенно ориентировавшиеся в горах или холмистой местности, начинали путаться, теряться и сбиваться в равнинах, где при быстроте езды от них требовалось мгновенное решение, в корне отличное от неспешного раздумья во время медленного передвижения на верблюде или коне.

Опять, как много раз до этого, техника требовала от человека новой психологии, иной реакции на внешний мир, не оставляя времени на глубокое, во всех деталях законченное знакомство...» (Ефремов, 1958, с. 127).

Изображение объектов внешнего мира в наглядной форме, понятной другим участникам коммуникации, также приобретает с опытом. В исследованиях на дошкольниках в ходе выполнения задания на рисование композиции объемных тел (в игровой форме, в общении с экспериментатором) отмечался переход от плоских изображений к наивным объ-

Для цитаты:

Антипов В. Н., Жегалло А. В. Трехмерное восприятие плоскостных изображений в условиях компьютеризованной среды обитания // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 97–111.

* Антипов В. Н. Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Казанский федеральный университет, Казань, Россия. E-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

** Жегалло А. В. Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, Институт психологии РАН, МГППУ, Москва, Россия. E-mail: zhegs@mail.ru



емным рисункам (Сазонтьев, 1961). Обедненная визуальная среда и отсутствие практических задач, связанных с передачей объема, приводят к тому, что у взрослых аналогичные навыки оказываются не сформированными. В исследованиях, проводившихся на северо-востоке Республики Коми (Гончаров, 2007), обнаружено, что оленеводы Крайнего Севера испытывали значительные сложности при выполнении задания, связанного с рисованием с натуры кубика. Автор отмечает: «Сначала они обычно рисовали фронтальную сторону в виде квадрата, а затем сталкивались с проблемой передачи объема. Чаще всего они пририсовывали к квадрату боковую левую и невидимую нижнюю грань. Явно не удовлетворившись сопоставлением образа с оригиналом, испытуемые пытались по несколько раз переделывать рисунок, но приходили к тем же результатам. При этом они бурно выражали удивление, почему не могут нарисовать такой простой предмет» (Гончаров, 2007, с. 129). Столь неожиданный результат автор объясняет тем, что «в традиционной среде обитания и обиходе оленеводов тела параллелепипедной формы практически отсутствуют, и у них почти нет опыта их изображения» (Гончаров, 2007, с. 131).

Современная техногенная визуальная среда характеризуется лавинообразной компьютеризацией, вследствие чего резко возросло значение в зрительном восприятии окружающей среды плоскостных изображений, показываемых на экране компьютера на расстоянии ~ 50 см от глаз. Благодаря возможностям трехмерного моделирования сцены на экране не могут восприниматься наблюдателем как объемные, несмотря на то, что условия их восприятия существенно отличаются от условий восприятия естественной окружающей среды. Технические возможности компьютеров открывают все более широкие возможности для манипуляции с изображениями и получения новых визуальных эффектов.

Примером вновь появившегося класса объектов, создание которых предполагает компьютерную обработку изображений, а восприятие требует развития специального навыка, являются стереограммы. Простейшая стереограмма может быть построена в программе WORD (рис. 1). Для восприятия стереоглубины рисунка 1 достаточно сфокусировать глаза на расстоянии около 10 см от листа. Число символов в горизонтальных строчках возрастет на один, и возникнет восприятие различной глубины каждой строчки.



Рис. 1. Простейший вариант построения стереограммы в программе WORD

С помощью графических пакетов, например, Adobe Photoshop, становится возможным создание стереограмм, дающих объемное восприятие произведений живописи (рис. 2). Для этого на отдельный холст копируется две и более копии; лучший вариант – три (как на рис. 2). Средняя проекция становится опорной. На изображении выбираются объекты, расположенные в пространстве картины на разном расстоянии от зрителя. При создании стереопроекции оператор выделяет такие объекты на правой и левой проекции и несколько смещает их, подчеркивая впечатление глубины, заложенной художником в карти-



ну. Образовавшиеся промежутки заполняются смежными участками. Для получения желаемого результата оператор в процессе монтажа постоянно рассматривает проекции как объемное изображение. При наблюдении стереоглубины на рис. 2 следует расположить стереограмму на расстоянии 50-60 см от глаз, сфокусировать глаза на расстоянии ~ 20 см. Проекций станет четыре, две средние преобразуются в объемные образы.



Рис. 2. Стереогамма по картине К. Васильева «Ф. М. Достоевский»

Следующим шагом после классических стереограмм стали случайно-точечные стереограммы. Первый пример такого изображения был создан Б.Н. Компанейским (Компанейский, 1939). Окрашенный в черный цвет объемный предмет устанавливался на черном фоне. После этого на фон и на предмет наносились белые точки, не создававшие никакого смыслового рисунка. Затем с двух сторон делались фотографии предмета, составляющие стереопару. По каждой из сделанных фотографий узнать предмет было невозможно, однако при рассматривании их как стереопары наблюдатель видел объемное изображение предмета (Рожкова, Токарева, 2001). Используемая Компанейским технология не получила распространения в силу своей трудоемкости. В 1959 г. случайно-точечные стереограммы были переоткрыты Б. Юлешем (Julez, 1960). Построение стереограмм выполнялось на компьютере IBM 704 с выводом изображения на подключенный к компьютеру графический дисплей.

В 1979 г. ученик Юлеша К. Тайлер создал первую автостереограмму, объединив в одном изображении случайно-точечные стереограммы для левого и правого глаза (Tyler, Clarke, 1990). С 1996 г. под торговой маркой Magic Eye начали выпускаться цветные автостереограммы, в которых эффект объема достигался за счет объединения в изображении регулярных полноцветных текстур. В настоящее время подобные изображения и программное обеспечение для их создания стали широко доступны и пользуются большой популярностью. Специалисты-офтальмологи рекомендуют рассматривание автостереограмм, так как считают это полезным упражнением, способствующим тренировке зрения.

При рассматривании автостереограмм наблюдатель должен произвольно регулировать угол вергенции глаз, так чтобы левый и правый глаза увидели предназначенные для



них изображения, составляющие часть автостереограммы. При этом для разных автостереограмм необходимый угол вергенции будет значительно различаться. Подчеркнем, что широкое распространение автостереограмм стало возможным лишь после появления массовых персональных компьютеров.

Возможно ли, что данный способ рассматривания впоследствии будет использоваться при рассматривании естественных изображений, не содержащих, в отличие от автостереограмм, заранее заложенного скрытого изображения? Может ли в дальнейшем такой способ рассматривания, связанный с поиском «скрытого» изображения при рассматривании любой текстуры, стать доминирующим?

Излагаемый ниже материал дает основание полагать, что в результате адаптации зрительной системы к восприятию плоскостных изображений на экране монитора может развиваться способность воспринимать образы любых плоскостных изображений с множественными и регулируемыми эффектами глубины, объема, пространственной перспективы – далее феномен (Антипов, 2005). Иными словами, на плоскостных изображениях структурируются ощущения пространства, ранее присущие только трехмерным объектам.

С 2005 по 2014 г. по развитию феномена получено 16 патентов на изобретения Российской Федерации. Авторами и патентообладателями изобретений являются сотрудники Казанского федерального университета, Института психологии РАН, Центра экспериментальной психологии МГППУ, Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, Ульяновского училища гражданской авиации.

В описании к семи патентам приводится информация о преодолении физических и технических противоречий в принципах действия стереопсиса при восприятии плоскостных изображений (Антипов, Антипов, 2010а, 2010б). В Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), изобретения, в которых преодолены физические и технические противоречия, относятся к высшей классификации и способны в будущем образовать новую техническую систему и отрасль техники (Альтшуллер, 1989). Технической системой в изобретениях является зрительное восприятие. Тем самым зафиксированы предполагаемые новые возможности развития зрения, мозга, сознания.

Феномен адаптации к восприятию стереоскопической глубины плоскостных изображений

Для первого автора статьи проявление способности воспринимать плоскостные элементы с эффектами глубины и объема относится к июню 2002 г. В ходе выполнения работ по моделированию возможности построения стереограмм с применением обоевых покрытий подбирались оптимальные режимы построения стереограмм. Технология включала постоянное наблюдение стереоскопической глубины в статическом и динамическом режимах. Фокусировка контролировалась по дополнительным меткам, которые позволяли однозначно определять условия концентрации взгляда. В результате автор приобрел навык восприятия стереоскопической глубины при периодическом изменении местоположения точки фокусировки глаз относительно экрана монитора, что выразилось в восприятии глубины на регулярных изображениях, подобных рис. 3. Достаточно было сконцентрировать взгляд как бы сквозь лист, чтобы возникало объемное восприятие образов.

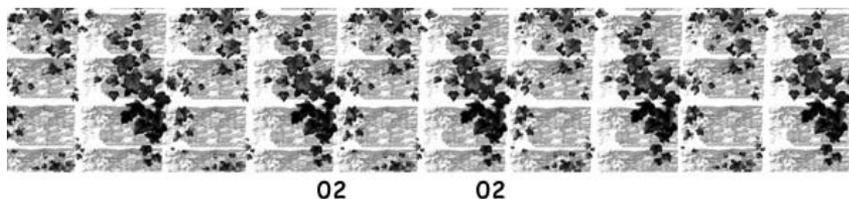


Рис. 3. Стереограмма – 3D-модель обоевого покрытия

Позже автор стал воспринимать как трехмерное изображение при просмотре передач на экране телевизора, причем некоторые цветовые оттенки сюжетов стали отделяться друг от друга по глубине восприятия экрана (август 2002). Далее глубина стала наблюдаться при рассмотрении горизонтальных рядов идентичных структур, используемых при построении обобщенных стереопроекций. Элементы нижних горизонтальных рядов воспринимались как находящиеся на переднем плане, элементы верхних рядов – как находящиеся на дальнем плане (ноябрь 2002). В феврале 2003 г. начали наблюдаться эффекты глубины при рассмотрении произведений живописи. Некоторые элементы произведений воспринимались как находящиеся на разных уровнях глубины. Наблюдался эффект полупрозрачности всего полотна. В марте 2003 г. начала наблюдаться глубина для изображений неба на картинах. Если на картине в верхней ее части было изображение воздушного пространства, то оно воспринималось как самая удаленная часть.

В то же время начали наблюдаться отдельные элементы глубины при рассмотривании любой полиграфической продукции, изображений на экране компьютера, телевизора, на киноэкране. Также стала наблюдаться глубина при рассмотривании облачного покрова и звезд. К 2007 г. автор научился произвольно регулировать условия восприятия глубины при рассмотривании изображений разного цвета либо содержащего горизонтальные ряды (например, слов). В 2010 г. было достигнуто восприятие текстуры поверхности каменной плитки как объемной. В 2011 г. наблюдалась глубина при рассмотривании растрового изображения размером 5×9 см, напечатанного в периодическом издании.

К настоящему времени любые плоскостные изображения воспринимаются с эффектами глубины, объема, пространственной перспективы; данный способ восприятия перешел на уровень автоматизма, стал практически доминирующим. Напротив, переход к «плоскому» восприятию требует от автора сознательных усилий.

Мы предполагаем, что причинами развития феномена стали многолетний тренинг и адаптация к наблюдению стереоскопической глубины стереограмм. Основным элементом тренинга является приобретение навыка быстрого перехода к восприятию стереоскопической глубины при разных методах рассматривания изображений. Происходит постоянный процесс взаимодействия механизма движения глаз с различным состоянием направления вектора глубины стереограмм. Зрительная система адаптируется к наблюдению стереоглубины на различных расстояниях от плоскости расположения стереограммы.

На основе проводимых исследований по развитию феномена разработана методика обучения, развивающая способности трехмерного восприятия 2D-изображений. С 2005 по 2014 г. она апробировалась в образовательном процессе Казанского университета. Принцип построения курса обучения изложен в работе Минзарипова и др. (2009).

Опыт апробации исследований в формате образовательного проекта частично противоречит высказанной гипотезе. При обучении студентов Казанского университета и тестировании учащихся трех средних образовательных учреждений г. Казани обнаружено, что



до 90% опрошенных (выборка ~ 1000 чел.) наблюдают эффекты рельефности на некоторых плоскостных изображениях без длительного тренинга на стереограммах. Данные результаты могут объясняться большей лабильностью механизмов зрительного восприятия молодежи в условиях новой антропогенной среды обитания.

Экспериментальные исследования движений глаз в условиях восприятия глубины и объема плоскостных изображений

Выполненное нами пилотажное исследование было направлено на изучение особенностей движений глаз при объемном восприятии автостереограмм, 3D-растровых и плоскостных изображений. Испытуемым был первый автор статьи.

Регистрация движений глаз выполнялась в Центре экспериментальной психологии Московского городского психолого-педагогического университета с помощью айтрекера SMI HiSpeed в бинокулярном режиме (частота регистрации 500 Гц). Изображения экспонировались на ЭЛТ-мониторе ViewSonic 90Gf диагональю 19", расположенном на расстоянии $h=58$ см от глаз наблюдателя (разрешение 1280×1024 пикселей; 38 пикселей/см). Время экспозиции ΔT составляло от 15 до 150 с, расстояние между зрачками правого и левого глаза испытуемого $d=6,4$ см. Запись движений глаз содержала координаты взора (на поверхности экрана монитора).



Рис. 4. Расчет угла вергенции по разности горизонтальных координат взора левого и правого глаза. Рассматривание плоского изображения, экспонируемого на поверхности экрана монитора (слева); рассматривание объемного изображения не перекрещенными глазами (в центре); рассматривание объемного изображения перекрещенными глазами (справа). Пунктиром обозначены дополнительные геометрические построения, используемые при расчетах. Прерывистой линией обозначены базис межзрачкового расстояния, перпендикуляр к плоскости экрана и плоскости воспринимаемого изображения, плоскость воспринимаемого изображения, не совпадающая с плоскостью экрана

По значениям горизонтальных координат взора левого и правого глаз $X_{лев.г}$ и $X_{прав.г}$ вычисляется разность координат $\Delta_{вз.г} = X_{прав.г} - X_{лев.г}$. Для случая рассматривания экспонируемого на мониторе плоского изображения (рис. 4, слева) $\Delta_{вз.г} = 0$. При фиксированном межзрачковом расстоянии $\Delta_{мз}$ и расстоянии от глаз до поверхности экрана $\Delta_{экр}$ угол вергенции $\alpha = 2 \arctg(\Delta_{мз}/2\Delta_{экр})$; расстояние до рассматриваемого изображения $H = \Delta_{экр}$.

Случаю $\Delta_{вз.г} > 0$ (рис. 4, в центре) соответствует рассматривание объемного изображения не перекрещенными глазами. При этом угол вергенции $\alpha = 2 \arctg((\Delta_{мз} - \Delta_{вз.г})/2\Delta_{экр})$. Зная α , вычисляем расстояние до плоскости воспринимаемого изображения $H = (\Delta_{мз}/2) / \tg(\alpha/2)$. В этом случае $H > \Delta_{экр}$, т.е. воспринимаемое стереоизображение находится за плоскостью экрана монитора.



Случаю $\Delta_{\text{вз.г}} < 0$ (рис. 4, справа) соответствует рассматривание объемного изображения перекрещенными глазами. Так же, как и в предыдущем случае, $\alpha = 2 \arctg((\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}}) / 2\Delta_{\text{экр}})$; $H = (\Delta_{\text{мз}} / 2) / \text{tg}(\alpha/2)$. Воспринимаемое стереоизображение находится перед плоскостью экрана монитора, т.е. $H < \Delta_{\text{экр}}$.

Подставляя в формулу для вычисления расстояния до плоскости воспринимаемого изображения величину $\text{tg}(\alpha/2) = (\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}}) / 2\Delta_{\text{экр}}$, получаем $H = (\Delta_{\text{мз}} \cdot \Delta_{\text{экр}}) / (\Delta_{\text{мз}} - \Delta_{\text{вз.г}})$.

В качестве стимульного материала были использованы: 3D-растровое стереоизображение; стереограмма со скрытым изображением; изображение текстуры каменной плитки; фрагмент изображения картины Дж. Поллака «Лавандовый туман». Рассмотрим особенности окуломоторной активности в перечисленных случаях.

3D-растровое стереоизображение выполняется по специальной технологии, обеспечивающей его объемное восприятие наблюдателем, не имеющим специальных навыков рассматривания стереограмм. Для его построения используются проекции, аналогичные рисунку 2. Они кодируются специальным ПО, после чего изображение наносится на бумагу и склеивается с плоской стороной пластикового растра, представляющего собой набор цилиндрических линз. Геометрия растра обеспечивает преломление светового потока таким образом, чтобы каждый глаз видел только предназначенное для него изображение.

При выполнении записи движений глаз 3D-растр устанавливался непосредственно перед экраном монитора после выполнения процедуры калибровки. Медианное значение дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании растра составляет 95 см. Рассматриваемое изображение характеризуется значительной воспринимаемой глубиной пространства: 75–129 см для 90% записи. Сопоставим гистограммы распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании растра (рис. 5), в условиях объемного восприятия текстуры каменной плитки (рис. 6) и в условиях объемного восприятия фрагмента картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» (рис. 7).

По отчету испытуемого, в условиях объемного восприятия текстуры каменной плитки эффекты глубины воспринимаются в нестационарном режиме. Глубина возникает на всей плоскости изображения. Вся плоскость изображения преобразуется в хаотическую трехмерную проекцию без возникновения упорядоченной пространственной перспективы цветовых распределений. Для их наблюдения необходимо концентрировать взгляд как бы сквозь изображения.

При объемном восприятии картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» имеет место аналогичный нестационарный режим рассматривания. По субъективному ощущению, глубина восприятия меньше, чем при рассматривании каменной плитки.

Медианные значения дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях объемного восприятия двумерных изображений составляют 111 см и 86 см соответственно. Так же, как и при рассматривании растра, воспринимаемое изображение находилось за плоскостью монитора и характеризовалось значительной глубиной: 90%-й интервал значений составляет 93–150 см и 72–105 см соответственно. На качественном уровне наблюдается сходство вида распределений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения. Сопоставляя объективные данные по распределениям дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании растра и в условиях объемного восприятия трехмерных изображений, можно сделать вывод о том, что аппаратурные данные действительно отражают особенности субъективного восприятия.



Рис. 5. Гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения при рассматривании растрового изображения

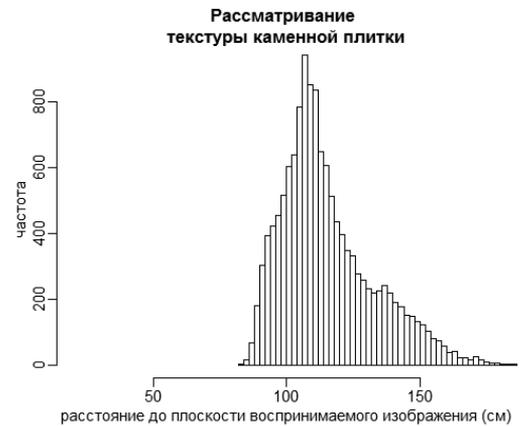


Рис. 6. Изображение текстуры каменной плитки и гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения

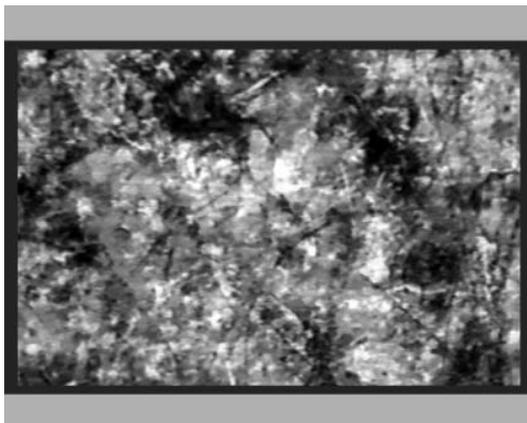


Рис. 7. Фрагмент картины Дж. Поллака «Лавандовый туман» и гистограмма распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения



Соответственно, воспринимаемые визуальные эффекты при объемном восприятии плоскостных изображений в некоторой степени аналогичны таковым при рассматривании специально подготовленного растрового изображения, создающего эффект объемного восприятия. Характерной особенностью объемного восприятия плоскостных изображений является постоянное варьирование наблюдателем угла вергенции, приводящее к изменению расстояния до плоскости воспринимаемого изображения и тем самым – к наблюдению разных уровней глубины (рис. 8).

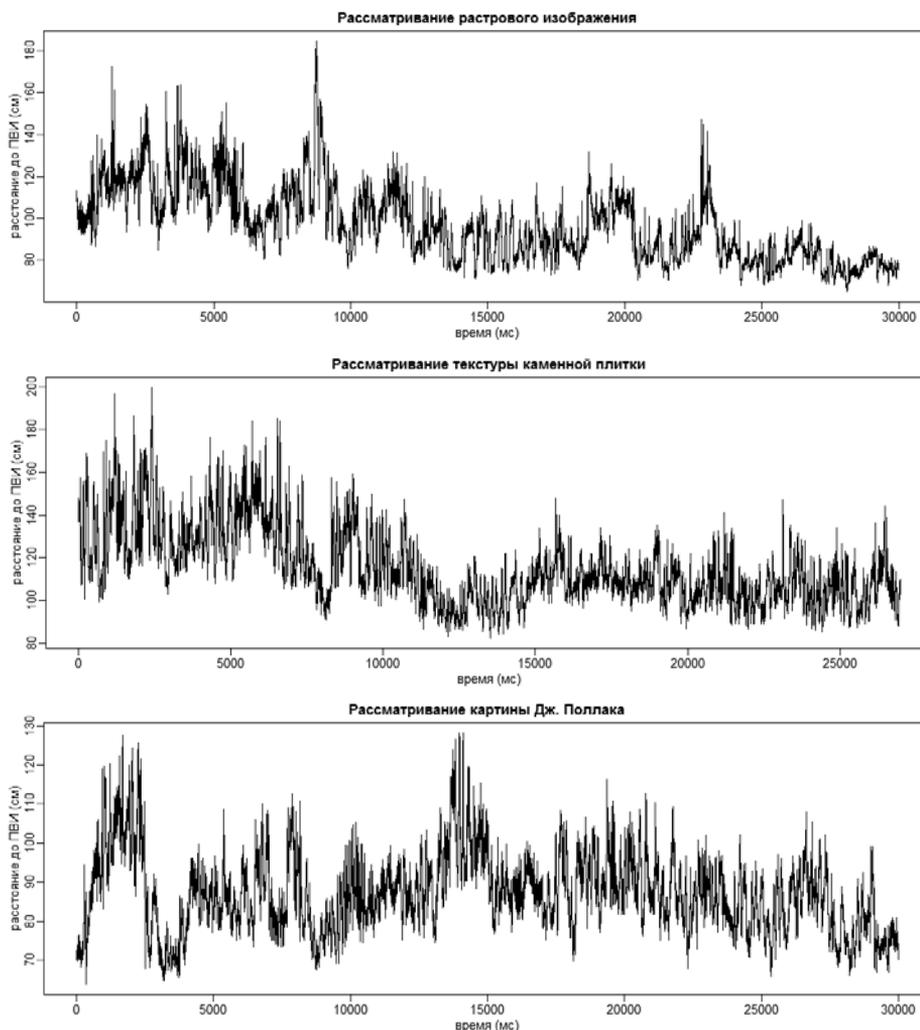


Рис. 8. Динамика дистанции до плоскости воспринимаемого изображения (ПВИ) при рассматривании растра и в условиях объемного восприятия плоскостных изображений

В какой мере навыки рассматривания стереограмм могут быть перенесены на случай объемного восприятия плоскостных изображений? Для ответа на этот вопрос рассмотрим распределения дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях двумерного и объемного восприятия стереограммы (рис. 9).

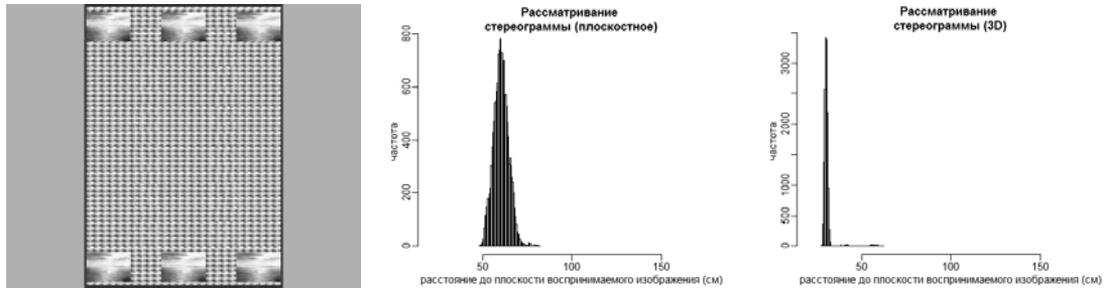


Рис. 9. Стереогамма и гистограммы распределения значений дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях плоскостного и объемного рассматривания

При двумерном восприятии медианная плоскость воспринимаемого изображения совпадает с плоскостью монитора, отклонения от нее не превышают ± 10 см. По отчету испытуемого, в условиях объемного восприятия стереограммы взор концентрируется перед стереограммой до получения наложения трех изображений в верхней ее части (число их возрастает до четырех), два средних преобразуются в трехмерные образы. Вертикально сверху вниз возникает слово «Россия».

По айтрекинговым данным, при объемном восприятии рассматривание выполняется перекрещенными глазами. Медианная плоскость воспринимаемого изображения находится на расстоянии 30 см от глаз наблюдателя (перед экраном), отклонения от медианного значения составляют $\pm 1,3$ см.

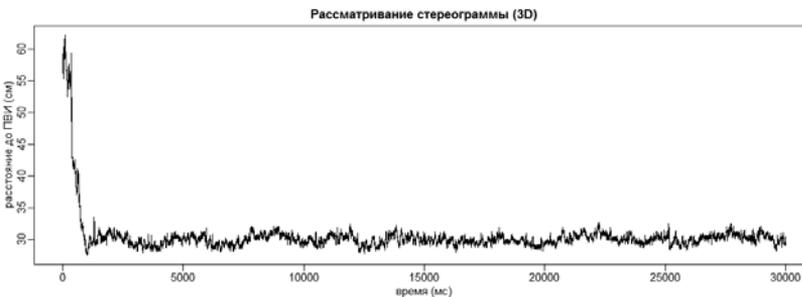


Рис. 10. Динамика дистанции до плоскости воспринимаемого изображения в условиях объемного восприятия стереограммы

Анализ динамики дистанции до плоскости воспринимаемого изображения (рис. 10) показывает, что на начальном этапе наблюдатель переходит от рассматривания изображения, находящегося в плоскости монитора, к рассматриванию изображения, находящегося перед монитором. В дальнейшем рассматривание происходит при постоянном угле вергенции.

Таким образом, в отличие от случая объемного восприятия произвольных плоскостных изображений, объемное восприятие стереограммы характеризуется отсутствием вариаций угла вергенции. Навык рассматривания стереограмм, соответственно, сводится к подбору оптимальных условий рассматривания, при которых «проявляется» объемное изображение. В то же время, объемное восприятие произвольных двумерных изображений предполагает поочередное «раскрытие» разных уровней глубины, наблюдаемых при разных углах вергенции.



Возможность обучения объемному восприятию плоскостных изображений

Насколько широко распространена в настоящее время способность к объемному восприятию плоскостных изображений? Для ответа на данный вопрос рассмотрим результаты опросов, проводившихся в ходе обучения объемному восприятию стереограмм и плоскостных изображений.

В 2005 г. на Факультете повышения квалификации Казанского государственного университета была апробирована методика, развивающая способности восприятия стереограмм. Группа состояла из архитекторов и преподавателей физкультуры. Слушателям были разъяснены принципы построения и наблюдения стереограмм. Большинство без проблем могли наблюдать на стереограммах стереоскопическую глубину. Из 20 слушателей одна женщина-архитектор утверждала, что при моделировании на компьютере конструкций зданий у нее возникают эффекты трехмерного восприятия.

В последующем (2005–2008 гг.) курс проводился в рамках практических занятий по предмету «Экология человека». Обучение было ориентировано на развитие способности студентов-геоэкологов воспринимать изображения изолиний высоты топографических карт со стереоскопической глубиной. Например, при построении стереограмм по изолиниям высоты выбирался участок изменения рельефа местности по водотоку. В условиях наблюдения стереоскопической глубины создаются горизонтальные площадки высоты. Студенты, знакомые с программой Adobe Photoshop, без проблем строили стереограммы. По завершении семестрового курса обучения преподаватель (первый автор статьи) мог наблюдать изолинии высоты и на одной проекции. На преподавание этого курса обучения был получен патент (Антипов, Антипов, 2010а, 2010б). С 2009 по 2014 г. курс апробировался на кафедре прикладной политологии и связи с общественностью под названием «Творческий тренинг». Результаты обучения были опубликованы в материалах конференции по экспериментальной психологии (Антипов и др., 2010; Антипов и др., 2012). Опросы на первых занятиях курса показали, что большинство студентов воспринимают рельефность плоскостных изображений. Ряд студентов сообщали о восприятии объема облачного покрова. В ходе семестрового курса обучения наблюдался рост числа студентов, наблюдавших рельефность при восприятии разнообразных плоскостных изображений.

В цикле обучения 2013–2014 учебного года при опросе студентов КФУ использовалось изображение текстуры каменной плитки (рис. 6). Исходя из того, что при объемном восприятии данного изображения плоскость воспринимаемого изображения не совпадает с плоскостью расположения стимульного материала, были сформулированы следующие вопросы: «Наблюдаете ли вы глубину цветовых распределений?» и «Если наблюдаете, что происходит при перемещении головы в горизонтальном направлении?». Опросы проводились в начале учебного курса и по его окончании, через три месяца; результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты опроса студентов

Период проведения опроса	Общее количество студентов	Наблюдало глубину	Наблюдало движение слоев
Начало занятий	13	9	3
Окончание занятий	14	14	5

Результаты опроса показывают, что еще до начала занятий трое студентов воспринимали глубину цветовых распределений. В процессе занятий еще двое студентов достигли аналогичного уровня восприятия. При этом возросло количество студентов, сообщающих о наблюдении глубины изображения. Таким образом, в рамках учебного курса наблюдалась тенденция к развитию способности объемного восприятия плоскостных изображений.

После двух месяцев обучения производился опрос, состоявший из двух частей; на вопросы отвечало 12 чел. В первой части на экране монитора демонстрировались 17 изображений фрагментов картин художника Дж. Поллока. Все студенты сообщали о наличии эффектов глубины для некоторых из демонстрировавшихся фрагментов (рис. 11). Вторая часть состояла в демонстрации студентам видеосюжета длительностью около 2 мин. по картине Дж. Поллока «Лавандовый туман». Показанный видеосюжет был взят из документального фильма о Дж. Поллоке. В ходе просмотра данного сюжета в 2002 г. первый автор статьи отметил один из первых случаев объемного восприятия плоскостных изображений. Фильм разбивался на отдельные временные интервалы, студентам предлагалось указать, наблюдается ли восприятие глубины в каждом из интервалов времени. Следует отметить, что начальный сюжет видеоролика всеми студентами описывался как воспринимаемый с эффектами глубины.

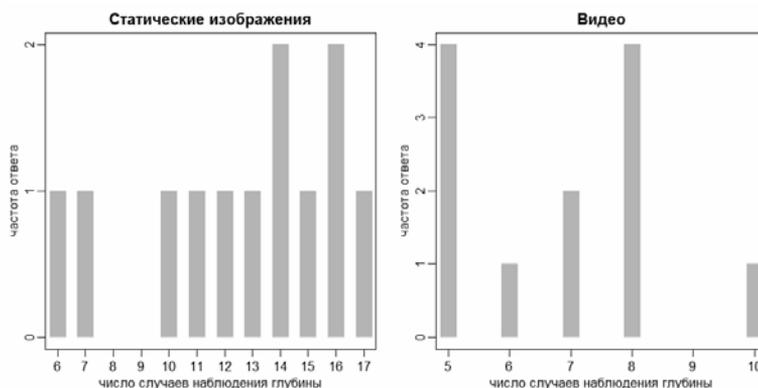


Рис. 11. Результаты опроса студентов: *по горизонтали* – число случаев наблюдения глубины, сообщенных одним участником; *по вертикали* – частота данного ответа

По результатам опроса студентов о наблюдении глубины при рассматривании статических фрагментов картин Дж. Поллока было выбрано изображение, относительно которого все студенты сообщали о наличии эффектов объемного восприятия. На его основе было изготовлено пластмассовое растровое изображение. После этого студентам было предложено сравнить плоскостное и растровое изображения. Все студенты вновь сообщили о наблюдении глубины при рассматривании плоскостного изображения, однако глубина была в 2–4 раза меньше, чем при рассматривании растра.

При выполнении следующего опроса студентам предлагалось ответить на вопрос: «Как Вы воспринимаете на экране монитора ряды горизонтальных строчек из слов?». Строки состояли из белых букв на черном фоне. Все студенты заявили, что строчки образуют перспективу горизонтальных рядов, т.е. первая нижняя строка воспринимается ближе относительно второй, расположенной над ней, и т.д. На основе статического изображения



букв был изготовлен пластиковый растр. При сравнении восприятия плоскостного изображения и растра отмечалось, что на растре наблюдаемая глубина больше в 1,5–3 раза.

В 2009–2010 учебном году был выполнен опрос школьников 7–11 классов. Учащимся была показана цветная физическая карта мира формата А4 и пластиковые растры, создающие эффект объемного восприятия. Вопрос был сформулирован следующим образом: «Наблюдаете ли вы рельефность на карте, аналогичную рельефности на пластиковых растрах?». Из 632 опрошенных школьников 41 (6,5%) дали отрицательный ответ, 545 (86,2%) сообщили, что рельефность наблюдается на отдельных участках карты, 46 (7,3%) ответили, что рельефность наблюдается на всей карте.

На основании данных опросов можно указать на наличие следующих тенденций. Значительная часть школьников и студентов без предварительного обучения может воспринимать отдельные элементы плоскостных изображений как объемные. Глубина восприятия при этом оказывается меньше, чем при рассматривании растровых изображений. Способность к восприятию плоскостных изображений как объемных может быть развита путем обучения, включающего рассматривание и самостоятельное создание стереограмм.

Заключение

Рассмотрим уровни дарвиновской триады эволюционных изменений. На первом этапе новые способности возникают у отдельных представителей вида и переходят на уровень автоматизма. На втором этапе новые способности получают распространение среди вида. На третьем они закрепляются на уровне генетического строения.

Первому этапу в представленной работе соответствует индивидуальный опыт первого автора, наблюдающего к настоящему времени при рассматривании плоскостных изображений глубину, сопоставимую с глубиной, наблюдаемой при рассматривании 3D-растров. Опыт обучения студентов показывает, что, по крайней мере, некоторые из них приближаются по особенностям восприятия к данному результату.

Второму этапу – распространению среди вида – соответствуют данные опроса на выборке школьников. Можно ожидать, что в условиях широкого распространения растровых изображений и альбомов автостереограмм («волшебный глаз», «3D-магия» и т.п.) способность к объемному восприятию плоскостных изображений будет получать все более широкое развитие. Данный способ восприятия может оказаться полезен в ряде сфер профессиональной деятельности, связанных с анализом плоскостных изображений.

В конечном итоге будут созданы предпосылки для перехода к третьему этапу – закреплению данного способа восприятия как доминирующего и его дальнейшей фиксации на уровне генотипа.

Планируемая тематика дальнейших исследований связана с регистрацией движений глаз в условиях рассматривания стереограмм, растровых 3D-изображений и плоскостных изображений, воспринимаемых как объемные, на выборке участников, предварительно сообщивших в ходе опроса о способности воспринимать плоскостные изображения как объемные. Значительный интерес представляет дальнейшая отработка методики развития данной способности в формате образовательной технологии и изучение динамики развития с регулярным выполнением регистрации движений глаз в ходе обучения.



Литература

- Альтшуллер Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989.
- Антипов В.Н. Пат. № 2264299 RU. / Способ формирования трехмерных изображений (варианты). 2005.
- Антипов В.Н., Антипов А.В. Пат. № 2391908 RU. / Способ зрительного восприятия топо- и картографических изображений. 2010а.
- Антипов В.Н., Антипов А.В. Пат. № 2391948 RU. / Способ развития стереоскопического зрения. 2010b.
- Антипов В.Н., Баландин И.О., Валеева Р.Р. Рельефность плоских изображений сегодня – это модель развития зрения человека в будущем // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под ред. В.А. Барабанщикова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 200–205.
- Антипов В.Н., Вахрамеева О.А., Галимуллин Д.З., Жегалло А.В., Хараузов А.К., Шелепин Ю.Е. Экспериментальное изучение 3D-восприятия образов плоскостных изображений // «Экспериментальный метод в структуре психологического знания / Отв. ред. В.А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 187–194.
- Гончаров О.А. Восприятие пространства и перспективные построения. СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2007.
- Ефремов И.А. Дорога ветров. М.: Всесоюзное учебно-педагогическое издательство трудрезервиздат, 1958.
- Компанейский Б.Н. Глубинные ощущения. Анализ теории раздражения не вполне соответствующих точек // Вестник офтальмологии. 1939. Т. 14. № 1. С. 90–105.
- Минзарипов Р.Г., Антипов В.Н., Читалин Н.А. и др. О применении методики развития объемного креативно-когнитивного зрения в инновационном образовательном пространстве // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Естественные науки. 2009. Т. 151. Кн. 3. С. 266–277.
- Рожкова Г.И., Токарева В.С. Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.
- Сазонтьев Б.А. К вопросу о развитии восприятия пространства и пространственных представлений у дошкольников // Проблемы восприятия пространства и пространственных представлений. М.: 1961, Издательство Академии педагогических наук РСФСР. С. 96–104.
- Julez B. Binocular depth perception of computer-generated patterns // The Bell System technical journal. 1960. Vol. 39. P. 1125–1162.
- Tyler C. W., Clarke M. B. "The autostereogram" // Proceedings of the SPIE. 1990. Vol. 125. P. 182–197.

THREE-DIMENSIONAL PERCEPTION OF FLAT IMAGES IN COMPUTERIZED ENVIRONMENT

ANTIPOV V.N.*, Kazan Federal University, Kazan, Russia,
e-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

ZHEGALLO A. V.**, Institute of Psychology RAS, MSUPE, Moscow, Russia,
e-mail: zhegs@mail.ru

For citation:

Antipov V.N., Zhegallo A. V. Three-dimensional perception of flat images in computerized environment. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 97–111 (In Russ., abstr. in Engl.).

* Antipov V.N. Ph.D. (Physics and Mathematics), Leading Research Associate, Kazan Federal University, Kazan, Russia. E-mail: Vladimir.Antipov@ksu.ru

** Zhegallo A. V. Ph.D. (Psychology), Senior Research Associate, Institute of Psychology RAS, MSUPE, Moscow, Russia. E-mail: zhegs@mail.ru



The article presents a study of the ability of three-dimensional perception of flat images. Registration of eye movements on the binocular eye tracker showed that the focus is outside the plane of the location of the image and the depth perception is comparable with the depth of stereograms, 3D raster images. The statistical confirmation of the perception of depth and volume is provided. Based on the results of the research, we developed and tested a training system.

Keywords: computer, environment, adaptation, training, eye movement, spatial perspective and three-dimensional perception of flat images, relief.

References

- Al'tshuller G. S. *Poisk novykh idej: ot ozarenija k tehnologii* [Looking for new ideas: from insight to technology]. Kishinev, Kartja Moldovenjaskje, 1989.
- Antipov V.N. Pat. 2264299 RU. *Sposob formirovanija trehmernyh izobrazhenij (varianty)* [Method of construction 3d images (variants)]. 2005.
- Antipov V.N., Antipov A.V. Pat. 2391908 RU. *Sposob zritel'nogo vospriyatija topo- i kartograficheskikh izobrazhenij* [Method of visual perception of topographic maps]. 2010a.
- Antipov V.N., Antipov A.V. Pat. 2391948 RU. *Sposob razvitiya stereoskopicheskogo zreniya* [The method of stereoscopic vision development]. 2010b.
- Antipov V.N., Balandin I. O., Valeeva R. R. Rel'efnost' ploskih izobrazhenij segodnja – jeto model' razvitiya zrenija cheloveka v budushhem [3D perception of flat images is the way of development of human visual system in future]. *Ekspierental'nyja psikhologija v Rossii: tradicii i perspektivy* [Experimental psychology in Russia: traditions and perspectives]. Moscow, Institute psychology RAS, 2010, pp. 200–205.
- Antipov V.N., Vahrameeva O. A., Galimulin D. Z., Zhegallo A. V., Haruzov A. K., Shelepin Y. E. Ekspierental'noe izuchenie 3D-vospriyatija obrazov ploskostnykh izobrazhenij [Experimental study of 3D perception of flat images] *Ekspierental'nyi metod v strukture psikhologicheskogo znaniya* [Experimental method in structure of psychological knowledge]. Moscow, Institute psychology RAS, 2012, pp. 187–194.
- Goncharov O. A. *Vospriyatie prostranstva i perspektivnye postroeniya* [Perception of space and perspective plotting]. St. Petersburg, Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo Universiteta, 2007.
- Efremov I. A. *Doroga vetrov* [Wind road]. Moscow, Vsesoyuznoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo trudrezervizdat, 1958.
- Julez B. Binocular depth perception of computer-generated patterns. *The Bell System technical journal*, 1960, vol. 39, pp. 1125–1162.
- Kompaneyskiy B. N. Glubinnie oshhushheniya. Analiz teorii razdrasheniya ne vpolne sootvetstvuyushhih toчек [Depth sensations. Analysis of theory of stimulation of not well-corresponding points]. *Vestnik oftal'mologii* [Bulletin of Ophthalmology], 1939, vol. 14, no. 1, pp. 90–105.
- Minzaripov R. G., Antipov V.N., Chitalin N. A., Shaposhnikov D. A., Baltina T. V., Skobel'cina E. G., Jakushev R. S. O primenenii metodiki razvitiya obyemnogo kreativno-kognitivnogo zreniya v innovacionnom obrazovatel'nom prostranstve [About application of methodic of development three-dimensional creative – cognitive vision in innovational educational space]. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvoennye nauki* [Proceedings of Kazan State University. Series of Natural Sciences], 2009, vol. 151, no. 3, pp. 266–277.
- Rozhkova G. I., Tokareva V. S. *Tablicy i testy dlya otsenki zritel'nykh sposobnostey* [Tables and tests for estimation of visual ability's]. Moscow, Gumanit. izd. centr VLADOS, 2001.
- Sazont'ev B. A. K voprosu o razvitii vospriyatija prostranstva i prostranstvennykh predstavleniy u doshkol'nikov. [About development of space perception and spatial representations of preschoolers]. *Problemy vospriyatija prostranstva i prostranstvennykh predstavlenij* [Problems of space perception and spatial representations]. Moscow, Izdatel'stvo akademii pedagogicheskikh nauk RSFSR, 1961, pp. 96–104.
- Tyler C. W., Clarke M. B. "The autostereogram". *Proceedings of the SPIE*, 1990, vol. 1256, pp. 182–197.