

## КРУГОВОЙ ОСМОТР ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА

### CIRCULAR INSPECTION OF A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

**Г. В. Лосик**

*доктор психологических наук, профессор,  
Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,  
Минск, Республика Беларусь;*

**Р. С. Панащук**  
*аспирант,*

*Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,  
Минск, Республика Беларусь;*

**А. А. Дерюгин**  
*соискатель,*

*Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка,  
Минск, Республика Беларусь;*

**G. Losik**

*Doctor in Psychology, Professor,  
Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,  
Minsk, Republic of Belarus;*

**R. Panaschik**

*Post-graduate student,  
Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,  
Minsk, Republic of Belarus;*

**A. Dyeryugin**  
*Candidate,*

*Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank,  
Minsk, Republic of Belarus*

Рассмотрен метод автоматического распознавания когнитивных мотивов человека для задач искусственного интеллекта и создания антропоморфных роботов. Разработан метод когнитивной графики для выявления факторов, определяющих траекторию осмотра испытуемым компьютерных изображений виртуальных объектов и картин (2D- и 3D- изображений). Смоделированы закономерности функционирования когнитивной системы мозга на основе теории перцептивных действий человека. Результаты исследования применимы при эргономическом проектировании и прогнозировании перцептивных действий человека в новых когнитивных ситуациях.

The method of automatic recognition of human cognitive motives for tasks of artificial intelligence and creation of anthropomorphic robots is considered. A method of cognitive graphics to identify the factors that determine the trajectory of the test computer images of virtual objects and pictures (2D and 3D – images) is elaborated. The patterns of functioning of the cognitive system of the brain based on the theory of human perceptual actions are simulated. The results of the study are applicable to ergonomic design and prediction of human perceptual actions in new cognitive situations.

• • • • •

*Ключевые слова:* трехмерный объект, круговой обзор, 3d-изображение, перцептивные действия человека.

*Keywords:* three-dimensional object, circular inspection, 3d-image, perceptual human actions.

**Введение.** В настоящее время при обнаружении информации в интернете решаются задачи автоматического поиска объектов по их трехмерной форме [11]. Подобно поиску текстовой информации по ключевому слову ставится задача выработать инвариантные

признаки топологии формы объекта, чтобы находить не копии его, а близкие по форме объекты. Для такого поиска недостаточно учета только объективного сходства, нужен учет психологического сходства. Поэтому к решению задачи подключились психологи и ими

предложена регистрация eye-трекинга глаз наблюдателя, или карты кругового осмотра объекта. Так, известна методика регистрации перемещения человека в квартире и комнате. Она разработана S. Lahlou [10], который использовал миниатюрную видеокамеру, закрепляемую на голове испытуемого для непрерывной видеосъемки сцены впереди человека. В этом случае также после видеозаписи экспериментатор «вручную» и с элементами машинной обработки видеоданных от камеры производит анализ действия человека.

Закономерности осмотра трехмерного объекта изучались В. Tversky [9], В. П. Зинченко [3; 4], J. Gibson [2], А.В. Жегалло [1]. В случае осмотра человеком поверхности трехмерного объекта траектория осмотра не содержит неравномерных скачков взора. Осмотр совершается в виде аналогового меняющегося по азимуту и скорости маршрута, образующего траекторию в трехмерном пространстве. Новизна предлагаемого подхода состоит в распознавании и учете «психологических» факторов, более глубокого уровня, чем физиологические и физические характеристики перцептивного действия как эргономического процесса, а также в разработке алгоритмов и программно-технических средств регистрации виртуальных траекторий и распознавания его скрытых мотивов.

В круговом осмотре на траекторию влияет не только визуальное внимание человека, но и моторика руки и тела. Проведенные нами исследования показали, что на траекторию осмотра влияют три причины: физические свойства объекта, физиологические особенности субъекта (его руки), психологические мотивы осмотра объекта конкретным субъектом [7; 8]. Именно мотивы могут в значительной степени менять характер осмотра. В данной работе мы лишали возможности испытуемого вращать реальный объект, а предъявляли на экране дисплея его 3D модель и испытуемый использовал манипулятор «мышь». Он не мог планировать какие-либо инструментальные действия с объектом, так как не имел ощущений веса его объекта, агрегатного состояния, шероховатости, температуры, эластичности. Он осматривал объект, руководствуясь когнитивными мотивами и замыслами.

**Понятие когнитивного мотива.** Природа возникновения замысла связана с двумя его источниками (инструкцией, которую экспериментатор ему предписывает, и внутренним побуждением субъекта). Нас интересовал второй случай: была составлена концептуальная модель формирования в мозге образа трехмерного объекта при его круговом осмотре.

**А** По мере кругового обхода и осмотра объекта с разных сторон, во-первых, человек принимает текущее решение о следующем целесообразном маневре в траектории осмотра и, во-вторых, достигнув очередной информатив-

ной позиции, совершает «фотографирование» вида объекта в этой позиции. Поэтому в образе запечатлеваются как вектора, так и видеоснимки процесса кругового осмотра. В нем запоминается не последовательность, а формируется набор видеоснимков как «фотографий» объекта с 5–10 ракурсов. Видеоснимки между собой скрепляет векторный скелет в виде топологической фигуры, которая хранит диспозицию в трехмерном пространстве взаиморасположения указанных фотографий.

**Б** Маршруты кругового осмотра запоминаются в мозге в виде нейронных топологических фигур-маршрутов. Они повторяют топологию внешних маршрутов кругового осмотра субъектом данного объекта и запоминаются в трехмерном пространстве анатомически в виде рассредоточенных в мозге нейронов. При этом последовательность шагов передвижения по маршруту – не запоминается, а фиксируется только топология маршрута.

**В** На участках маршрутов в отдельных их местах образуются опорные точки, в них маршрут делает значительный азимутный изгиб. На участке от одной опорной точки к соседней передвижение в ходе осмотра обеспечивается работой одного и того же командного нейрона (Е.Н. Соколов). Поэтому тип прямолинейного или дугообразного шага нейрон реализует одинаково, а за счет многократности запуска нейрона реализуется та или иная длина вектора или дуги. Сколько типов командных нейронов сформировано у субъекта, столько типов перцептивных маневров может совершать субъект на маршруте при осмотре объекта.

**Г** В отдельных опорных точках мозг присовокупляет к ним «фотографию» вида натуральной внешней сцены, которую наблюдателю дано было увидеть. Запоминание конкретного вида объекта осуществляется иным механизмом, нежели запоминание векторной диспозиции опорных точек. Кроме фотографий вида объекта, сделанных с уникальных опорных точек, в этих точках к маршруту присовокупляются смысловые вехи, эмоциональные аффекты, которые дано было почувствовать наблюдателю именно в эти опорные моменты. Поэтому при мысленном воспроизведении осмотра объекта или при повторном его реальном круговом осмотре происходит

повторная актуализация тех же мыслей и эмоций субъекта.

**Причины, определяющие маршрут осмотра объекта.** В наших экспериментах установлено [5; 6], что замысел имеет много вариантов реализации и его вариативность возникает по четырем причинам: в зависимости от характеристик объекта осмотра (от его физических свойств); физиологических закономерностей сенсомоторного контроля за движениями руки и глаза; содержания инструкции; психологических замыслов испытуемого. Исходя из этого, для реализации метода распознавания был разработан алгоритм, с помощью которого из регистрируемой траектории осмотра виртуального объекта формируется сначала усредненная траектория, а затем из нее – отфильтрованная. Именно на отфильтрованной траектории распознаются участки, соответствующие реализации одного из указанных замыслов субъекта.

**План опытов.** В исследовании была использована лабораторная установка, разработанная в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси, позволяющая регистрировать на компьютере траекторию осмотра человеком трехмерного объекта и затем выделять в нем ряд параметров. В качестве испытуемых выступали 150 человек: юноши и девушки в возрасте от 16 до 21 года, из них около 70 % студенты БГПУ, 30 % старшеклассники минской гимназии. Зрение у всех было в норме, ведущая рука – правая.

Для изучения закономерностей осмотра трехмерных объектов в пилотажном эксперименте был отобран для всех испытуемых один общий объект (из числа 50 образцов 3D моделей) – глобус земного шара. Материки и водный бассейн на глобусе были изображены по типу «физической карты», без текстовых обозначений. По поверхности земного шара экспериментатором были рассредоточены 5 желтых пятен для поиска их испытуемым. До основного опыта испытуемому для адаптации предлагалось покрутить «мышкой» иной объект, после чего он знакомился с инструкцией. Стартовая позиция начала осмотра глобуса была для всех испытуемых одинаковой – точка в западном полушарии. Инструкция была следующей: «Рассматривая глобус как карту стран и континентов, найдите на ней 5 мест, отмеченных желтыми пятнами. Остановитесь на секунду в найденной точке, приблизьтесь на секунду к ней и двигайтесь дальше». Каждый испытуемый совершал опыт единожды. Ограничения по продолжительности, тактике и очередности поиска желтых пятен не задавались. Тем самым были созданы условия для разнообразия хода осмотра как в отношении азимута и маршрута, так и скорости (ускорений, остановок, временной динамики осмотра). С помощью колеса мыши испытуемый мог приблизиться к интересной точке поверхности, или удалиться от

нее. Эксперимент проводился индивидуально с одним конкретным объектом. Сначала была рассчитана его объективная стереометрическая модель – OBJ-файл объекта, созданный в графическом редакторе Blender.

Такой спектр отражал только притяжение взора к тому или иному месту, но не отражал статистики направления передвижения взора испытуемых на маршрутах осмотра. Поэтому был введен еще один статистический анализ карт кругового осмотра: статистика векторов, показывающих то, в каком направлении из данного треугольника чаще всего продолжался у испытуемых осмотр объекта через соседние треугольники. Данная информация была названа спектром направлений осмотра.

**Результаты анализа спектра направлений осмотра.** Предполагалось, что специфика вида объекта (глобус земного шара, музейная статуя) влияет не только на продолжительность осмотра разных мест поверхности объекта, но и на вектор (направление) взгляда. В итоге, статистическое усреднение траекторий осмотра одного и того же объекта позволило классифицировать разные места на поверхности на три категории: хабы (звездные места повышенного интереса), коридоры между ними и не посещаемые места.

Число разных направлений выхода из первого пятна составило 17, второго – 14, третьего – 9, четвертого – 25, разнообразие направлений ухода подтверждает гипотезу о том, что хаб явился местом завершения реализации одного мотива и местом начала реализации иного мотива. Далее был проведен анализ траекторий каждого испытуемого, чтобы обнаружить физиологическую индивидуальность почерка руки испытуемого совершать вращение объекта преимущественно в какую-то одну сторону: по или против часовой стрелки. Для анализа были разработаны два программные модуля. С помощью этих модулей траектория отдельного осмотра автоматически анализировалась и по ней создавались гистограммы.

Первая гистограмма отображала процент испытуемых, которые на маршруте часто осуществляли движения в вертикальном направлении (Север-Юг), и процент тех, кто часто двигался в горизонтальном направлении (Восток-Запад). Из 150 испытуемых, только 43 человека проявили одно явное предпочтение в пользу вертикального или горизонтального прямолинейного движения. Предпочтение вертикального движения объекта обнаружено у 27 испытуемых, горизонтального движения – у 16 (соответственно 62.79 % и 37.21 %).

Далее в группе вертикального предпочтения был проведен статистический подсчет случаев предпочтения двигаться на Юг или на Север. Из 27 испытуемых вертикального предпочтения в сторону Юга характерно движение у 13, в сторону Севера – 11. Нет

явного предпочтения у 3 испытуемых. Аналогично в группе горизонтального предпочтения был проведен статистический подсчет предпочтения двигаться на Восток или на Запад. Из 16 испытуемых горизонтального предпочтения в сторону Востока характерно движение у 13, в сторону Запада у 11. Не выявлено явного предпочтения также у 3 испытуемых.

Таким образом, анализ стратегий 43 испытуемых показал, что среди них выделяются 4 типа отличающихся друг от друга стратегий. Эти 4 типа имеют уровневую структуру. Особенно ярко подтвердилось разделение испытуемых на северную-южную ориентацию, на две стратегии людей – при выборе направления поиска испытуемыми первой желтой точки на глобусе. Из всего количества 54 испытуемых сразу рельефно выделилась группа, которая принялась искать южную желтую точку (37 %) и группа, начавшая поиск в северном направлении (63 %). И только небольшая группа, состоящая из 7 человек начала движение в горизонтальном положении.

Наряду с анализом прямолинейных участков маршрута были проанализированы маневры в сторону от прямого пути. Была установлена закономерность, что сильные маневры имеют место, преимущественно, в местах хабов. После этого было проанализировано, что определяет решение субъекта, к какой следующей точке интереса двигать взор. Тем самым, были проанализированы у каждого испытуемого его особенности «закачки» в когнитом информации об объекте в виде очередности посещения им набора из пяти точек интереса. Чтобы вскрыть психологические факторы, влияющие на принятие решения, вначале была собрана статистика о частоте переходов у 150 испытуемых между всеми десятью возможными парами точек интереса.

Полученные данные оформлялись в виде симметричной матрицы. При этом отдельно находилась матрица частот перехода из  $i$ -й пятна в  $j$ -ое пятно и матрица перехода из  $j$ -ого пятна в  $i$ . Анализ элементов обеих матриц показывает, что переходы между разными парами пятен существенно отличаются: в 10 звеньях (парах) переходов. Для того чтобы вскрыть

психологический фактор были совершены обработка и анализ матрицы входов по методу многомерного шкалирования. Результаты шкалирования позволили интерпретировать оси психологического пространства как фактор трудности / легкости замены желтого пятна, как фактор «в центре / на периферии» глобуса.

Результаты еще одного многомерного шкалирования позволили интерпретировать первую ось как фактор психологического объединения пятен со схожей географической долготой и географической широтой и противопоставления этих признаков схожести. Такое объединение, мы считаем, происходит на самом деле не по логической или зрительной оценке пятен, а по психографической привычке испытуемого двигать «мышь» преимущественно по вертикали или горизонтали, а не по диагонали. Правомерно предположить, что регулировать частоту выхода из пятна не могло зрение, а могло только воображение испытуемого о тех зонах на земном шаре, которые по памяти он ещё не посещал.

Общий анализ движения внимания при осмотре земного шара и поиска пятен усматривает его далёкую аналогию с движением скачками глазного яблока при чтении текста по строкам. В последнем случае существуют редкие возвраты взгляда на зоны уже прочтенного текста.

В целом, построение когнитива как выявления стратегии, закономерностей «закачки» в образ информации об объекте показало, что существуют две особенности. Они отражают слитно специфику объекта и специфику фокусной группы испытуемых. Например, при смене объекта следует ожидать иной специфики, иной последовательности осмотра 5 – 8 точек интереса, характеризующихся коннектом этого объекта. При смене категории испытуемых следует ожидать иных направлений горизонтального и вертикального выхода внимания из точки интереса, иных скоростей перехода между фиксированными парами точек. Кроме того, при мысленном воспроизведении осмотра объекта или при повторном его реальном круговом осмотре происходит повторная актуализация тех же мыслей и эмоций субъекта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антипов, В. Н. Трёхмерное восприятие плоскостных изображений в условиях компьютеризированной среды обитания / В. Н. Антипов, А. В. Жегалло // Экспериментальная психология. – 2014. – № 3. – С. 97–111.
2. Гибсон, Дж. Перцептивное научение – дифференциация или обогащение? / Дж. Гибсон, Э. Гибсон // Хрестоматия по ощущению и восприятию. – М. : МГУ, 1975. – С. 181–197.
3. Зинченко, В. П. О функциях движения руки и глаза в процессе восприятия / В. П. Зинченко, Б. Ф. Ломов // Вопросы психологии. – 1960. – № 1. – С. 48–56.
4. Зинченко, В. П. Продуктивное восприятие / В.П. Зинченко // Вопросы психологии. – 1971. – № 6. – С. 19–29.
5. Лосик, Г. В. Стратегии осмотра поверхности трёхмерного виртуального объекта / Г. В. Лосик [и др.] // Развитие Информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2017). – Минск, 2017. – С. 392–397.

6. Лосик, Г. В. Антропологический принцип кодирования вариативности сообщения / Г. В. Лосик // Ежегодник науч.-метод. семинара «Проблемы психолого-педагогической антропологии». – М. : МГППУ, 2016. – Вып. 6. – С. 1–8.
7. Лосик, Г. В. Аналоговое кодирование формы предмета в мозге человека / Г. В. Лосик // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ–2014): доклады XIII Междунар. конф., Минск, 20 нояб. 2014 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – С. 157–162.
8. Лосик, Г. В. Два принципа кодирования информации в мозге: психофизиологические основания / Г. В. Лосик // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ–2013): доклады XII Междунар. конф., Минск, 20 нояб. 2012 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2013. – С. 127–133.
9. Лосик, Г. В. Перцептивные действия человека: кибернетический аспект / Г. В. Лосик. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – 147 с.
10. Lahlou, S. How can we capture the subject's perspective? / S. Lahlou // Social Science Inform. – 2011. – № 50. – P. 607–655.
11. Losik, G. The Perception of Object with Flexible Shape by Visually Impaired Persons / G. Losik, A. Severin, Y. Asadchy // Sensory issues and Disability : Proc. of Intern. Conf., 17–19 March 2016. – Paris, France, 2016. – P. 37.

***Дата подачи статьи: 28.09.2018***