

## СТРАТЕГИИ ОСМОТРА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕХМЕРНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

Г.В. Лосик<sup>1</sup>, И.М. Бойко<sup>1</sup>, В.В. Ткаченко<sup>1</sup>, С.А. Сивак<sup>1</sup>, А.А. Дерюгин<sup>2</sup>, А.С. Назаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск;

<sup>2</sup> Белорусский государственный педагогический университет, Минск

*В рамках метода автоматического распознавания когнитивных мотивов человека для задач искусственного интеллекта предложен способ декомпозиции психологических факторов, определяющих траекторию осмотра человеком изображений виртуальных объектов. Разработаны алгоритмы последовательной обработки скоростных и азимутных данных по маршруту осмотра человеком через дисплей трехмерного объекта. Результаты исследования применимы в эргономическом проектировании и прогнозировании перцептивных действий человека в новых когнитивных ситуациях.*

### Введение

В настоящее время при поиске информации в Интернете решаются задачи автоматического поиска объектов по их трехмерной форме [1]. Подобно поиску текстовой информации по ключевому слову в этом случае ставится задача выработать инвариантные признаки топологии формы объекта, чтобы находить не копии, а близкие по форме объекты. Исследования показывают, что для такого поиска недостаточно учета только объективного сходства, здесь нужен учет психологического сходства. С этой целью предложена регистрация глаз наблюдателя с помощью технологии Eye tracking, а также карты кругового осмотра объекта. Сравнивая маршруты и скоростные параметры осмотра, система находит во Всемирной паутине подобные по форме объекты и людей, схожих по когнитивному стилю осмотра этого объекта. В итоге при размещении на сайтах визуальной информации используются знания о психологических характеристиках пользователей веб-сетей.

### 1. Теоретические основания метода

Разработанный метод предназначен для получения объективных данных о когнитивном мотиве как высшей психической функции поведения человека [2]. В основе подхода лежат представления о психологических мотивах перцептивных действий индивида, индивидуальном стиле выполнения жестов, а также познавательной активности субъекта. В соответствии с чем распознавание когнитивных мотивов осуществляется методом выдвижения встречных гипотез, а не методом статистического анализа.

При осмотрах объектов у субъекта возникает множество вариантов реализации одного и того же замысла. Можно определить природу его возникновения из двух источников. Возможен случай, когда замысел до начала изучения объекта возникает у испытуемого на основе той инструкции, которую задает экспериментатор. Вместе с тем в естественных условиях наиболее частым является случай, когда мотив возникает интрапсихически. Для целей проектирования «образного Интернета» интерес представляет второй случай.

Экспериментально установлено [3], что вариативность реализации замысла возникает в зависимости от характеристик объекта осмотра (его физических свойств), физиологических закономерностей сенсомоторного контроля за движениями руки и

глаза, содержания инструкции, предписанной испытуемому, мотивационной структуры субъекта, реализуемой во время осмотра.

Траектория осмотра является результатом взаимодействия всех этих факторов. Причем первые три фактора маскируют четвертый, который наиболее интересен для исследования. Например, мотив человека увидеть обратную сторону предмета («посмотреть за горизонт»), приблизиться к точке фокального интереса, изучить фронтальную панораму предмета, оценить, симметричен ли объект [4]. Прежде чем проверять встречную гипотезу о когнитивном мотиве, необходимо вычислить из «сырой» траектории артефакты, отражающие физические характеристики объекта и индивидуальные различия в деятельности рук и глаз субъекта. Согласно выделенным причинам для реализации метода распознавания был разработан алгоритм, с помощью которого из регистрируемой траектории осмотра виртуального объекта формируется сначала усредненная траектория, а затем отфильтрованная. Именно на отфильтрованной траектории распознаются участки, соответствующие реализации одного из указанных замыслов человека.

В экспериментальной психологии для решения подобных задач используются факторный и дисперсионный анализы, метод структурного моделирования [5]. Вместе с тем более правомерно использовать метод выдвижения встречных гипотез.

## **2. Независимая и зависимая переменные в опытах**

В настоящем исследовании после анализа данных проверялся только один когнитивный мотив: приблизиться к точке фокального интереса. На поверхности предъявляемого объекта были размещены пять желтых пятен как точек интереса. Испытуемый должен был, согласно инструкции, найти в произвольном порядке точки и сделать кратковременную остановку в осмотре.

Была поставлена задача организовать условия эксперимента так, чтобы в нем оставался переменным один фактор изменения траектории осмотра, а иные временно оставались неизменными. Варьировались характеристики психологического типа человека, для чего были приглашены 200 испытуемых. Авторы исходили из гипотезы, что испытуемые имеют разные мотивы при осмотре. Один тип мотивов теоретически мог оказаться отличным от другого по тому порядку нахождения желтых пятен, которого придерживался испытуемый. Всего теоретически у испытуемых могло быть 120 последовательностей нахождения пяти пятен. Выбор последовательности, таким образом, явился первой зависимой переменной, первым параметром анализа. Можно было предположить, что анализ обнаружит небольшое число психологических типов людей по стратегии продолжать поиск нового пятна. Если такие типы выявятся, то далее можно в рамках каждого поставить задачу раскрыть варианты причин в виде индивидуальности человека, влияющих на выбор именно такой стратегии последовательности. Принятие решения, к какому новому пятну двигаться в поиске, может кардинально зависеть от приоритета либо активности зрительного анализатора, либо моторики руки. Был разработан специальный инструмент анализа направлений траектории для указанной альтернативы. Математически эти инструменты оценивали типы «хабов», характерных тому или иному психологическому типу испытуемых.

Различия психотипов проявляются не только в стратегиях последовательности поиска желтых пятен. Второй зависимой переменной мог быть маршрут пути, который каждый испытуемый избирает при переходе от одной желтой точки к другой. Был разработан набор инструментов для измерения маршрута оптимального пути между двумя желтыми пятнами, которого придерживались люди одного

психологического типа. Математически эти инструменты оценивали направления «диад» на маршруте, распознавали оптимальный путь как совокупность вершин рядом находящихся «двоек».

Контрольной переменной в опытах называется причина, которая на время эксперимента блокируется. Все испытуемые осматривали один и тот же объект. Поэтому выявленные типы людей и закономерности их поведения при осмотре можно считать имеющими место сугубо для данного объекта. Для целей нормализации данных и перехода от конкретного объекта (глобуса Земли) к любому иному объекту был разработан инструмент подсчета времени притяжения внимания в 512 точках объекта. Так находился спектр притяжения внимания, который необходимо было вычестить из маршрута нового осмотра этого объекта. После такого вычитания специфика вида объекта оказывается блокированной, отсутствующей в данных.

При проведении исследований все испытуемые получили одну и ту же инструкцию для осмотра и работали на одной и той же аппаратуре. Таким образом блокировалась вероятность влияния на результаты еще двух контрольных переменных – инструкции и аппаратуры опыта.

### 3. Описание алгоритма анализа

В исследовании была использована лабораторная установка, разработанная в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси, позволяющая регистрировать на компьютере маршрут осмотра человеком трехмерного объекта и затем выделять в нем ряд параметров.

Для конкретного объекта сначала рассчитывалась его объективная стереометрическая модель. Стереометрической моделью выступал OBJ-файл объекта, созданный в графическом редакторе Blender. Затем в эксперименте с 70 испытуемыми составлялась среднестатистическая карта маршрута кругового осмотра этого объекта. Среднестатистическая карта кругового осмотра объекта многими людьми была представлена значениями времени  $t$  прохождения маршрута осмотра через каждый из 512 треугольников, на которые была разбита сфера осмотра объекта. Значение времени  $t$  в 512 треугольниках, на которые разбита поверхность осмотра, было названо спектром времени притяжения внимания к разным местам поверхности объекта.

Вместе с тем такой спектр отражает только притяжение взора к тому или иному месту, а не статистики направления передвижения испытуемых на маршрутах осмотра. Поэтому путем анализа карт кругового осмотра находилась статистика векторов, которые отражали то, в каком из 12 направлений из данного треугольника чаще всего продолжался у испытуемых осмотр соседнего треугольника на поверхности объекта. Данная информация была названа *спектром направлений осмотра*.

После проведения испытаний была решена задача, в какой последовательности каждый из испытуемых совершил осмотр пяти пятен. Теоретически со стартовой точки осмотра (она была одинакова для всех испытуемых) осмотр пятен последовательно можно было совершить 120 вариантами. Эмпирический анализ 70 маршрутов сразу отсекает множество теоретических вариантов и позволил сосредоточить внимание на двух принципиально отличающихся друг от друга группах испытуемых: из 33 человек, которые начали осмотр с поиска пятна на юге земного шара (в точке № 5) и составили первую группу, и из 25 человек, которые начали осмотр с пятна на севере (в точке № 1). Остальные 12 испытуемых были включены лишь в общий анализ траекторий маршрутов.

#### 4. Анализ спектра времени притяжения внимания

Был вычислен первый, обобщенный спектр притяжения внимания у всей группы из 70 испытуемых, т. е. значение времени прохождения траектории осмотра через каждый из 512 треугольников, которые покрывали сферу, по которой передвигался наблюдатель (рис. 1).

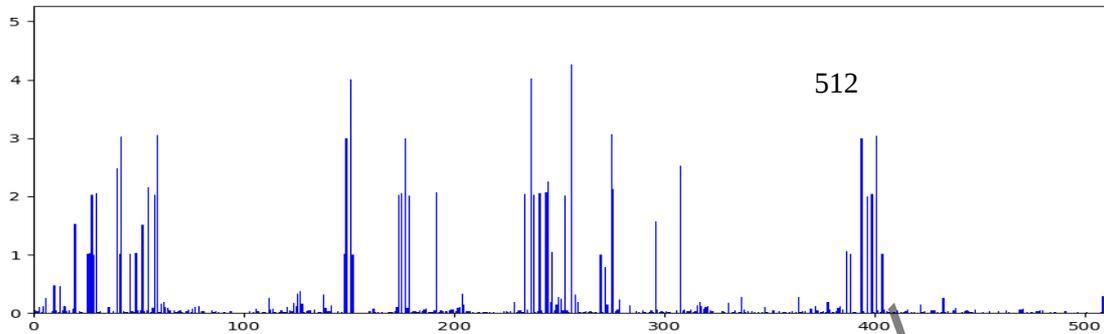


Рис. 1. Обобщенный спектр притяжения внимания у всей группы испытуемых

Данный обобщенный спектр внимания к 512 треугольникам следует считать рисунком точек интереса данного объекта. Местоположение всплесков относительно номеров треугольников на оси  $X$  в обобщенном спектре показывает, что в спектре отражены пять участков на маршруте, которые соответствуют пяти желтым пятнам на поверхности объекта. Это значит, что согласно инструкции испытуемые выбрали желтые пятна в качестве точек интереса.

Далее был рассчитан спектр из 512 компонентов притяжения внимания по каждой из вышеуказанных двух групп испытуемых. Полученные два спектра для их анализа были представлены как линейно, так и путем расположения цветных треугольников на сфере (рис. 2).

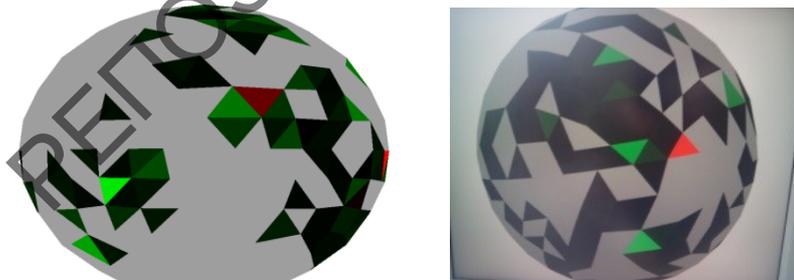


Рис. 2. Визуализация спектра притяжения внимания путем расположения цветных треугольников на сфере

#### 5. Анализ спектра направлений передвижения

Далее исследование было направлено на поиск второго спектра, отражающего специфику вектора движения испытуемых. Обработка результатов прежних 70 опытов совершалась далее по иной методике, чтобы выявить статистику направлений движения по маршрутам. Параметром усреднения в этом анализе выступала частота

передвижения взора испытуемого с  $i$ -го треугольника в соседний  $j$ -й. Объектом усреднения выступала конкретная пара («двойка») соседствующих треугольников.

Учитывая то, что сфера осмотра задана 512 треугольниками, было выделено для статистического анализа 512х512 «двоек». Собиралась статистика частоты прохождения маршрута во всех 70 опытах через пару «из  $i$ -го в  $j$ -й треугольник». Для этого маршрут каждого сеанса осмотра перекодировался из физической траектории в цепочку последовательности треугольников на маршруте. Исходя из цепочки номеров треугольников формировались пары соседствующих треугольников. Обнаруженная на маршруте пара увеличивала значение соответствующего элемента матрицы 512х512. Визуализация значений элементов матрицы, вычисленной по всем 70 испытуемым, как спектр направлений осмотра ими одного и того же объекта приведен на рис. 5.

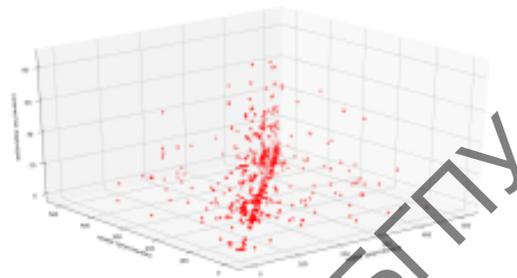


Рис. 5. Визуализация статистики 512х512 пар соседствующих треугольников

## Заключение

При поиске информации в Интернете недостаточно учета только объективного сходства, нужен учет психологического сходства карты кругового осмотра объекта. Сравнивая маршруты осмотра, скоростные параметры, такая карта обеспечивает поиск сходных по форме объектов и одновременно сходных людей по когнитивному стилю осмотра объекта. В итоге для поиска во Всемирной паутине образной информации появляются методики учета психологического компонента при размещении и поиске, к примеру, скульптурных экспонатов виртуальных музеев, трехмерного товара на сайтах интернет-магазинов и т. п.

В области разработки средств компьютерной графики открывается перспектива нового метода: предоставлять пользователю веб-сетей «цветовую вуаль», покрывающую объект, с целью передачи частотности внимания человека к разным местам при осмотре объекта. С такой картой осмотра можно совершать вращение вместе с объектом вокруг центральной оси взгляда. Благодаря этому при переходе пользователя на позицию конкретной точки осмотра цветовая сфера делает нужный поворот на определенный угол по или против часовой стрелки в соответствии с выявленной частотностью статистического мнения, где находятся верх и низ данного объекта.

Когнитивный механизм осмотра человеком поверхности 3D-объекта путем его вращения или обхода вокруг состоит из двух механизмов, аналогичных саккадам глаза и фиксации взгляда. Рука, вращающая объект, совершает перемещения с одной азимутной позиции в другую. В ходе такого «вращательного полета» мышление не вмешивается в коррекцию траектории полета. Этот механизм, как известно, присущ саккадам. Процесс ориентировки проявляется в моменты остановок вращения, подключаясь с целью планирования направления дальнейшего движения. При работе

зрительной системы аналогичное осмысление визуальной картины совершается путем чередования саккад в моменты фиксации взгляда.

Предлагается компьютерная парадигма интерпретации существования для данного объекта мест остановок внимания. Остановки существуют в виде своеобразных «хабов», а «перелеты» внимания – как проходы между ними. Движение взора субъекта есть чередование переходов взора от одной точки интереса к следующей. В точках интереса взор делает остановку, замедляя скорость. Во время движения ориентировка не вторгается в коррекцию траектории. Разные субъекты в силу своих разных когнитивных стилей принимают разное решение, в каком направлении из текущей точки интереса совершать дальше переход. На выбор направления дальнейшего переноса внимания влияет сугубо стиль моторики руки индивида. Эмпирические наблюдения показали, что есть испытуемые, которые предпочитают передвижение к югу, а есть такие, которые предпочитают передвижение к северу. В итоге места интереса на поверхности объекта («хабы коннектома») находятся по времени пребывания всех субъектов в каждом из 512 треугольников «звезд векторов» выраженной ориентации. Если время пребывания в данном месте поверхности мало и в этом месте «звезда» ухода из него не отличается разнообразием, то такие треугольники являются лишь проходными. Если время пребывания в треугольнике велико и направления ухода и прихода в него траекторий разнообразно, то такие треугольники интерпретируются как «хабы.» В итоге анализа все места на поверхности объекта делятся на «хабы» (на места интереса, звездные места) и на коридоры между ними. Все вместе это образует коннект объекта.

#### Список литературы

1. Войскунский, А.Е. Психология и Интернет / А.Е. Войскунский. – М. : Акрополь. – 2010. – 439 с.
2. Выготский Л.С. История развития высших психических функций / Л.С. Выготский. – М. : Юрайт. – 1931. – 242 с.
3. 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.
4. Ткаченко, В.В. Об алгоритмическом и топологическом принципах кодирования в мозге масштабных объектов / В.В. Ткаченко, Г.В. Лосик // Человек – нейрон – модель : материалы Междунар. науч. конф., Москва, 19–20 авг. 2016 г. – М. : МГУ, 2016. – С. 207–211.
5. Кремень, М.А. Психологическая структура деятельности оператора в режиме слежения / М.А. Кремень // Вопросы психологии. – 1977. – № 6. – С. 70–78.

Лосик, Г. В.; Дерюгин, А. А.; Бойко, И. М.; Ткаченко, В. В.; Сивак, С. А. Стратегии осмотра поверхности трехмерного виртуального объекта/ Г. В. Лосик // Развитие Информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2017) Минск, 2017 С. 392-397