

УДК 004.5

Анализ когнитивного восприятия графических изображений с объектом высокой детализации и различного размера

Горячкин Борис Сергеевич^(*)

bsgor@bmstu.ru

Цибизова Татьяна Юрьевна

mumc@bmstu.ru

Савельев Алексей Александрович

savelevaa@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается исследование восприятия графических изображений с высокодетализированными объектами различного размера. Работа направлена на изучение того, как человек воспринимает изображения с объектами высокой детализации, а также на исследование влияния таких факторов, как размер объекта, контрастность, и уровень детализации, на восприятие и распознавание объектов. Используемая методика включает тестирование трекера глаз, анализ визуальных стратегий восприятия объектов с различной степенью детализации и размера. Результаты могут быть полезны для разработки более эффективных визуальных интерфейсов и улучшения качества графической визуализации данных.

Ключевые слова: визуальное восприятие, объект высокой детализации, графические изображения, размер объекта, контрастность, когнитивные стратегии

Analysis of cognitive perception of graphic images with high detail objects of various sizes

Goryachkin Boris Sergeevich^(*)

bsgor@bmstu.ru

Tsibizova Tatiana Yuryevna

mumc@bmstu.ru

Savelyev Alexey Alexandrovich

savelevaa@student.bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This article investigates the perception of graphical images with highly detailed objects of varying sizes. The study focuses on how humans perceive images containing highly detailed objects, and examines the impact of factors such as object size, contrast, and level of detail on the recognition and perception of these objects. The methodology includes eye tracker testing and an analysis of visual strategies for perceiving objects with different levels of detail and size. The results obtained can be used to improve visual interface design and enhance the quality of data visualization.

Keywords: visual perception, highly detailed object, graphical images, object size, contrast, cognitive strategies

Введение. Современные технологии и интерфейсы все чаще требуют от пользователя способности эффективно воспринимать и обрабатывать инфор-

мацию, реализованную в виде различных информационных моделях [1]. Визуальное восприятие играет ключевую роль в взаимодействии человека с графическими изображениями, особенно в контексте изображений, содержащих сложные и высокодетализированные объекты. Важно понять, как эти факторы влияют на процесс восприятия и распознавания элементов, что непосредственно сказывается на эффективности взаимодействия с интерфейсами, точности принятия решений и общей производительности пользователей.

В данной работе представлено исследование восприятия графических изображений с объектами высокой детализации. Цель исследования — проверить эффективность выбранного функционального инструментария для задачи определения акцентов внимания [2] пользователя при взаимодействии с подробными объектами.

Материалы и методы. В рамках данного исследования применяется самописный трекер [3, 4] взгляда пользователя, а также несколько модулей для визуализации полученных данных [5]. Основной алгоритм работы системы показан на рис. 1. Для получения изображения пользователя используется веб-камера компьютера. Далее осуществляется анализ лица, а также разметка зрачков, на основе которых вычисляется область взгляда на экране, исходя из изменения положения глаз относительно их калибровочных точек [6].

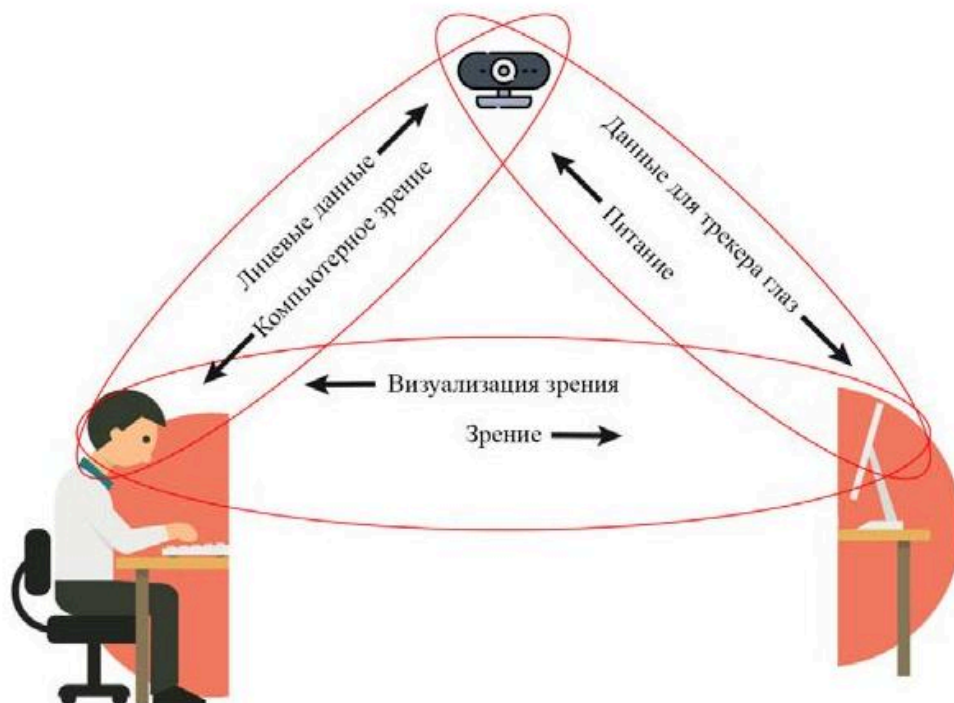


Рис. 1. Общий алгоритм работы системы

Данные, получаемые системой, иллюстрированы на рис. 2. Красные окружности показывают области взгляда, рассчитанные во время тестирования. Синие окружности обозначают зоны фиксации взгляда, которые опреде-

ляются отдельным алгоритмом и предоставляют информацию о временных характеристиках взгляда.

Этапы работы системы можно представить последовательно следующим образом:

- 1) калибровка;
- 2) получение данных со средства видеозаписи;
- 3) определение глаз человека;
- 4) сбор координат зрения;
- 5) получение соотношения координат зрения с объектом интереса;
- 6) визуализация данных, полученных в результате соотношения.

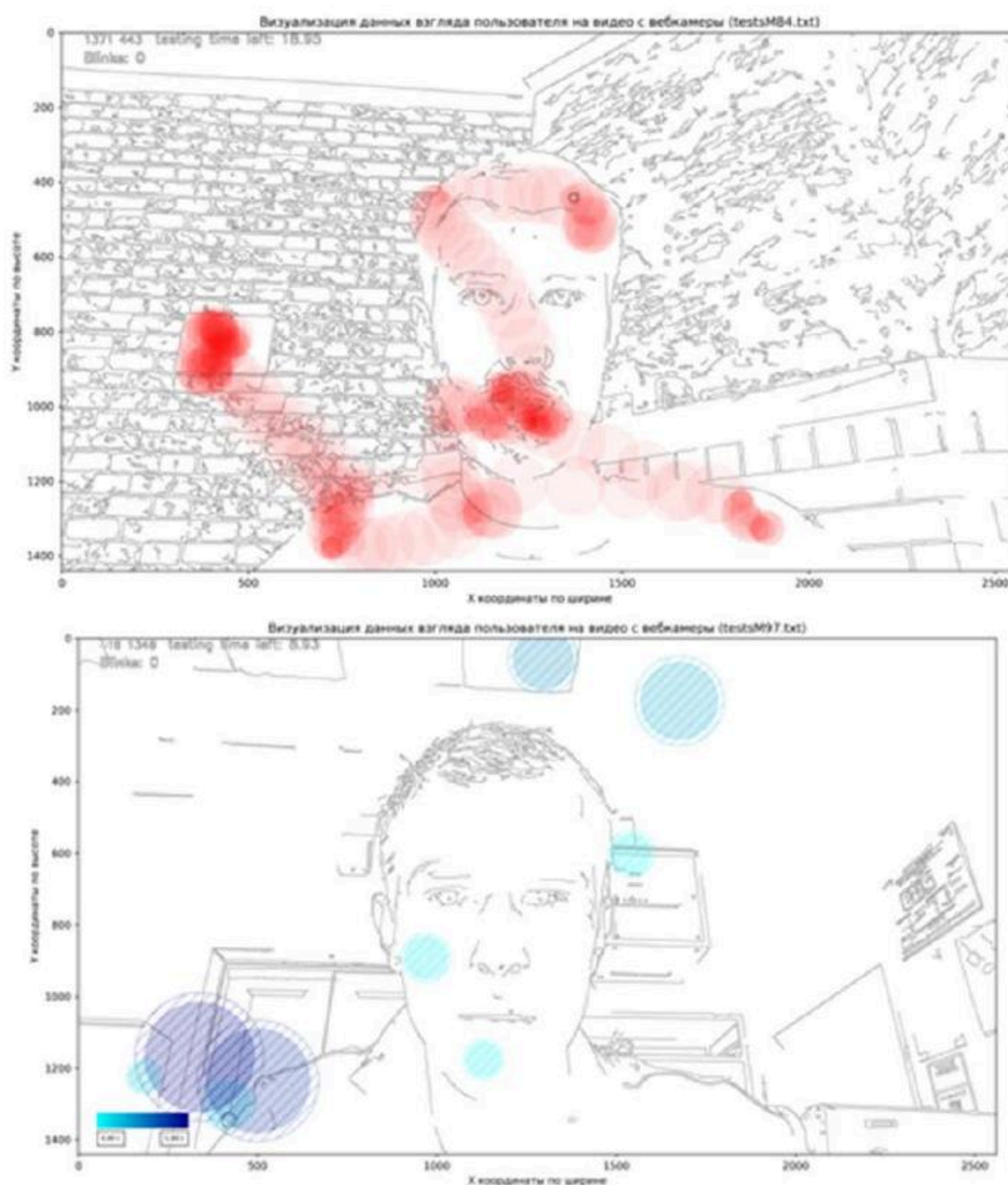


Рис. 2. Данные, регистрируемые системой

Фиксация — это состояние, когда взгляд стабильно удерживается в одной области экрана, в отличие от быстрого перемещения взгляда, называемого саккадой.

Результаты. В реализации алгоритма определены два ключевых пороговых значения. Первое — время фиксации взгляда. У человека оно варьируется в диапазоне от 100 до 600 мс. Для реализации данного функционала пороговое значение для регистрации фиксации было выбрано 300 мс как середина диапазона.

Второе ключевое пороговое значение для фиксаций — это максимальный радиус области фиксации. Оно установлено как 150 пикселей — это примерно 1.5 размера от фовеального зрения (1 градуса области зрения), которое мы вычислили как 101 пикселей для экрана 13 дюймов с разрешением 2560 на 1440 пикселей при удалении глаз на 65 сантиметров. Расчет представлен уравнениями 1.

$$d = 89,35 \text{ px/cm}, l = 2 \times 65 \times \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = 1,135 \text{ см},$$

$$R = 89,35 \times 1,135 = 101,4 \text{ px},$$

где d — плотность пикселей на сантиметр экрана, l — длина участка фовеального зрения ($\theta = 1$), R — радиус области фиксации взгляда.

Выбор порога в 1.5 размера фовеального зрения объясняется необходимостью учета небольших движений головы и глаз пользователя, которые могут происходить, пока он сфокусирован на одном объекте. Фиксация не обязательно строго ограничена областью в 1° , поскольку даже при удержании взгляда на определенной точке могут происходить малые перемещения взгляда внутри области. Это своего рода «зона допуска», позволяющая считать фиксацией удержание взгляда на области.

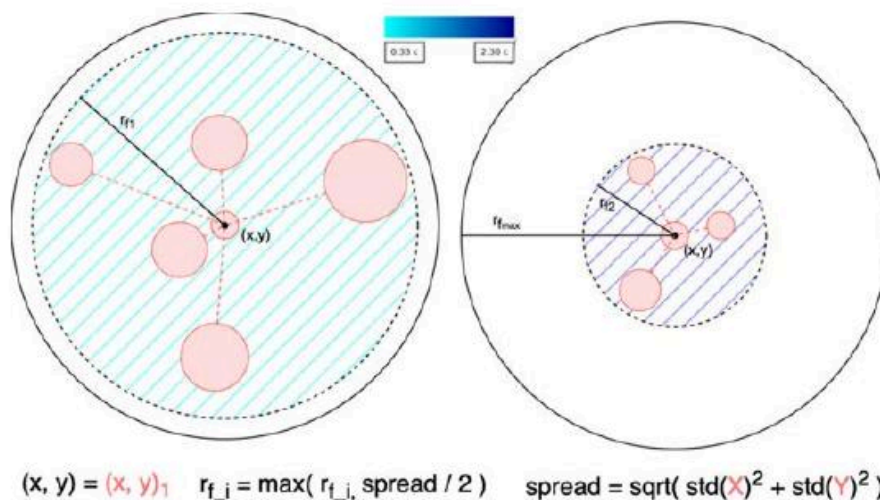


Рис. 3. Расчет фиксаций взгляда

На рис. 3 представлен пример расчета фиксаций взгляда. В случае если фиксация взгляда перешагнула за пороговое значение времени, мы начинаем

отслеживание фиксации, отслеживания как именно взгляд вел себя. Чем больше разброс точек взгляда внутри фиксации, тем больше будет ее окружность в последующем на визуализации. Чем дольше длилась фиксация по времени, тем темнее будет ее синий цвет.

В рамках данного исследования пользователю будет предложено рассмотреть изображения летящего самолета, при этом на разных изображениях самолет имеет разный размер. Примеры изображений представлены на рис. 4.



Рис. 4. Исследуемые объекты

Все изображения показываются пользователю последовательно, первые три по 5 с, а последнее, где множество объектов разного размера — 10 с. Системой отслеживания взгляда ведется запись координат области взгляда и регистрация фиксаций.

Обсуждение результатов. На рис. 5 представлены результаты показа первого изображения самолета пользователю. На нем объект изображен в настоящем масштабе.

За отведенное время пользователь смотрел на остекление кабины пилотов, после чего переключил взгляд на конец фюзеляжа. На рис. 6 представлены результаты показа изображения с уменьшенным в два раза объектом.

В данном случае видно, что пользователь практически не перемещал свой взгляд, а изучал представленный объект в общем. Интерес пользователя полностью сконцентрирован на объекте, что видно не только по диаграмме рассеивания, но и по тепловой карте.

В отношении изображения с объектом, увеличенным в полтора раза и содержащим больше различных деталей (рис. 7) пользователь был более любо-

пытен. Трекер взгляда зафиксировал, как взгляд пользователя с центра самолета переместился на нос, потом поочередно на каждый из двигателей, после чего направился в сторону хвостового оперения. На носу самолета и на каждом из двигателей системой зарегистрированы фиксации взгляда (~0,5 с).

На рис. 8 представлена визуализация поведения взгляда пользователя на появление изображения с множеством одинаковых объектов разного размера. На самолет, находящийся по центру, пользователь практически не смотрел. Его внимание привлекли новые объекты, появившиеся вокруг центрального. Трекер зафиксировал фиксации взгляда и его траектории движения между ними.

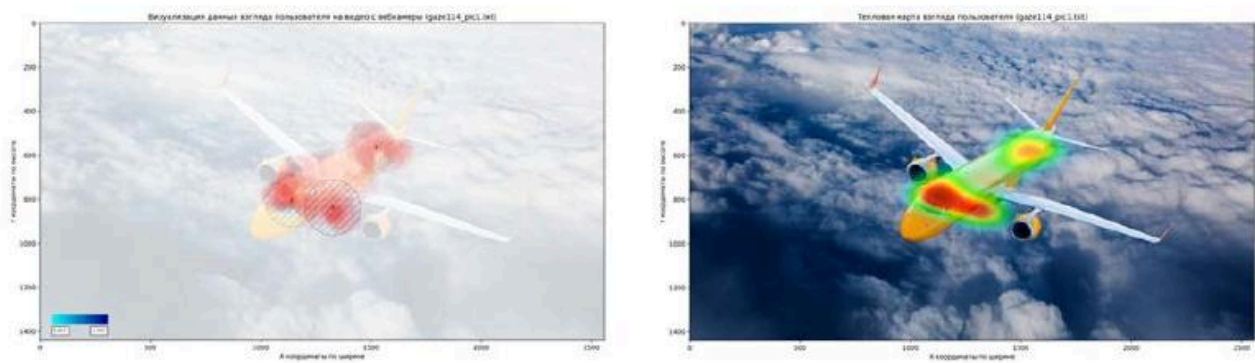


Рис. 5. Исследуемые объекты в настоящем масштабе

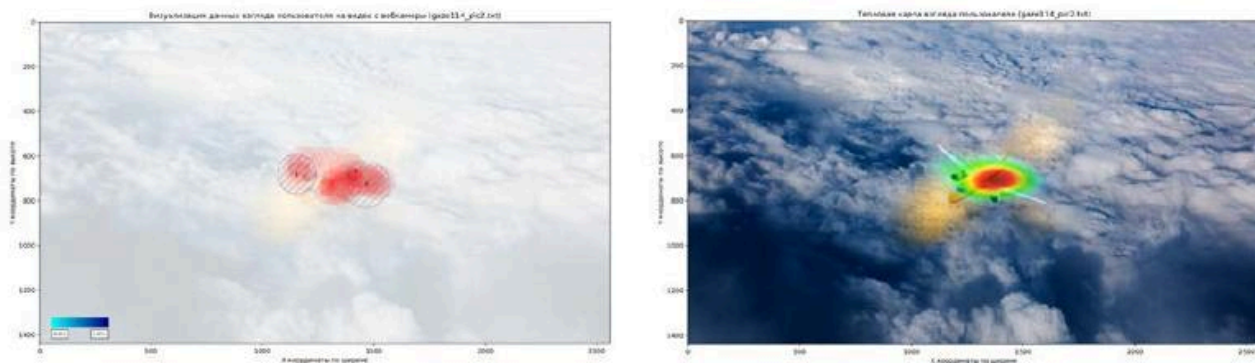


Рис. 6. Исследуемые объекты с уменьшенным в два раза объектом

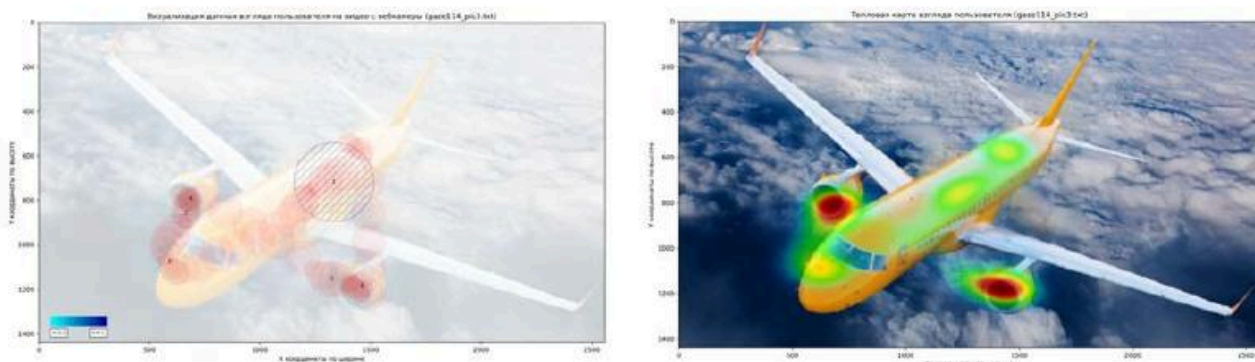


Рис. 7. Исследуемые объекты с увеличением в полтора раза

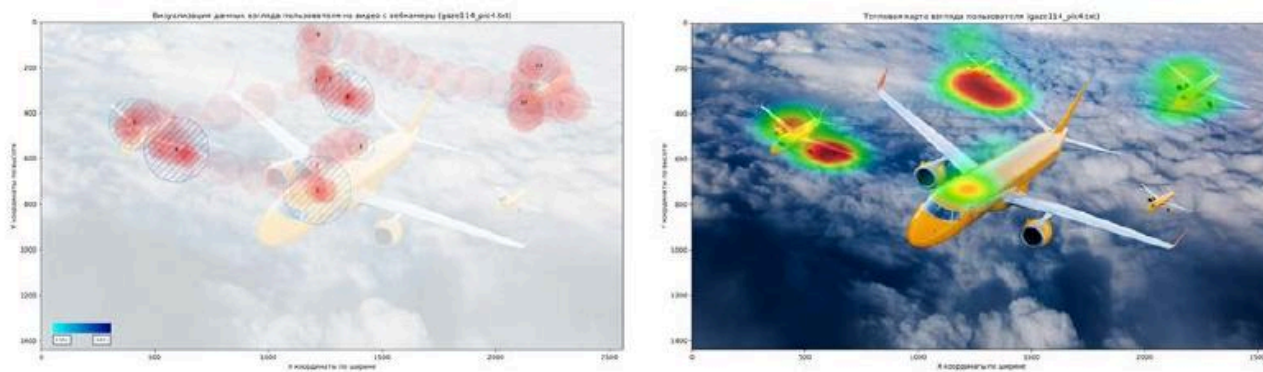


Рис. 8. Исследуемые объекты с множеством одинаковых объектов разного размера

Заключение. Проведенное исследование успешно продемонстрировало эффективное прикладное применение улучшенной версии трекара взгляда и системы визуализации. Выбранный инструментарий зафиксировал общий характер взгляда пользователя и его временные показатели. Полученные данные можно использовать для анализа когнитивного восприятия человеком различных изображений, а точность работы инструментария позволяет исследовать интересы пользователя в отношении изображений с высокой детализацией.

Результаты исследования открывают перспективы для дальнейших разработок в области интерфейсного дизайна и могут быть полезны в различных областях, в частности в сфере разработки и улучшения эффективных, адаптивных пользовательских интерфейсов в устройствах и программных продуктах.

Список источников

- [1] Желтова А., Горячкин Б.С. Анализ современных информационных моделей систем и объектов. *Наукофера*, 2024, № 4–1, с. 164–178.
- [2] Горячкин Б.С., Якубов А.Р., Аникин Ф.А. Исследование акцентов внимания для различных видов изображений с помощью самописного трекара глаз. *Наукофера*, 2024, № 5–2, с. 336–346.
- [3] Горячкин Б.С., Якубов А.Р., Аникин Ф.А. Разработка инструментария трекинга глаз. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*, 2024, т. 26, № 2, с. 5–12.
- [4] Горячкин Б.С., Савельев А.А. Определение акцентов внимания с помощью интеллектуального самописного трекара глаз. *Computational Nanotechnology*, 2024, т. 11, № 4, с. 35–44.
- [5] Савельев А.А., Горячкин Б.С. Построение эффективных сложных информационных моделей на основе трекинга глаз. *Технологии дополненной и виртуальной реальности. I науч.-практ. конф.: сб. ст.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2025, с. 175–185.
- [6] Горячкин Б.С., Бобров Д.В. Эффективность принципов адаптивной верстки при разработке пользовательских интерфейсов. *Динамика сложных систем – XXI век*, 2023, т. 17, № 1, с. 55–62.