

Исследование геометрических факторов зрительной иллюзии, возникающей при оценке расстояний между краями объектов

А.Т. Костоев, Д.В. Огородов, Д.И. Данько

*Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство) Москва*

Аннотация: Статья посвящена исследованию оптико-геометрической иллюзии, возникающей при оценке расстояний между краями объектов (в частности, окружностей). Предметом исследования являются геометрические факторы, влияющие на величину иллюзии. Установлено, что зависимость величины иллюзии расстояния от ориентационного фактора имеет периодичность уменьшения-возрастания величины иллюзии при повороте тестовой конструкции, при этом максимальные значения иллюзии зафиксированы при таком повороте тест-объекта, когда испытуемый наблюдает его в вертикальном положении.

Ключевые слова: зрительное восприятие, зрительные иллюзии, оптико-геометрические иллюзии, иллюзия Мюллера-Лайера, иллюзия расстояния, геометрические параметры зрительных иллюзий.

Термин «оптико-геометрические иллюзии» (далее ОГИ) описывает широкий класс явлений, где зрительное восприятие различных длин, углов, площадей или форм на фигуре изменены другими компонентами рассматриваемого объекта. Такие явления демонстрируют в целом зависимость зрительного восприятия от его контекста и позволяют исследовать структурные принципы, лежащие в основе восприятия.

Начиная с XIX века [1-3] ОГИ были предметом интенсивных экспериментальных исследований, но они еще далеки от понимания. Объяснения подобный явлений, возникающих при зрительной оценке объектов, основаны в большинстве своем на физиологических [4-6] и психологических теориях зрительного восприятия [1, 7].

Исследование, описываемое в данной статье, опирается не на систему человеческого зрения или психологические факторы, оказывающие влияние на него, также не будут предложены физиологические или психологические «механизмы» зрительного восприятия. Мы стремимся к репрезентативно-описательной, а не объяснительно-причинной теории. В частности, мы ориентируемся на классе ОГИ, в которых восприятие расстояния между

краями объектов воспринимается искаженно в зависимости от их взаимного расположения (рис. 1).

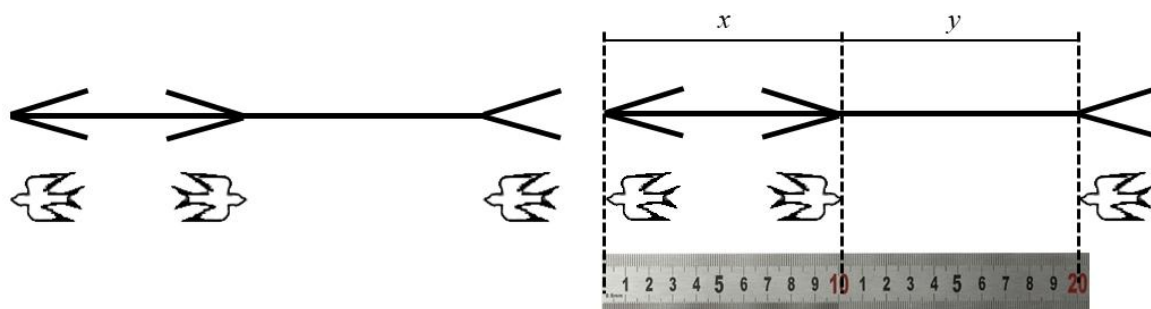


Рис. 1 – Схема зрительной иллюзии расстояния между краями объектов (на примере иллюзии Мюллера-Лайера и Эббингауза) [8]

На рис. 1 представлены одни из представителей данного класса ОГИ: иллюзия Мюллера-Лайера (схематически изображенные стрелки) и иллюзия Эббингауза (схематически изображенные ласточки). А.Л. Ярбус отмечает, что «для всех подобных иллюзий общим остается тот факт, что уменьшенными будут восприниматься те расстояния между краями предметов, внутри которых последние находятся. Увеличенными же будут казаться расстояния, когда предметы, к краям которых они определяются, находятся вне этих расстояний» [9, с. 289].

Предметом исследования в данной работе являются геометрические факторы, влияющие на величину иллюзии расстояния между краями объектов (размер, расстояние, угол наклона и т.п.). В качестве объекта исследования была выбрана иллюзия расстояния между краями относительно простых фигур – окружностей (рис. 2), что позволит интерпретировать полученные результаты в исследованиях более сложных объектов, вызывающих данный вид иллюзии.

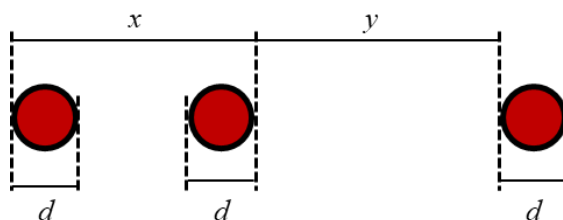


Рис. 2 – Схема зрительной иллюзии расстояния между краями окружностей [8]

Цель исследования направлена на получение количественных оценок зрительной иллюзии и выявление характера зависимости величины иллюзии от ее геометрических параметров. Метод исследования в данной работе заключался в проведении компьютерного эксперимента (тестирования) с последующим статистическим анализом данных, полученных в результате эксперимента.

Эксперимент заключается в том, что для каждого испытуемого на экране монитора осуществляется демонстрация различных тест-объектов (далее ТО). При этом, ТО состоит из фиксированных объектов – первые две окружности с заранее настроенными параметрами диаметров d и расстояния x и регулируемого объекта – третья окружность (рис. 2). При демонстрации ТО регулируемая окружность заведомо находится на явно отдаленном расстоянии y от второй окружности и задача испытуемого заключается в том, что ему необходимо передвинуть регулируемую окружность так, чтоб расстояние x между внешними краями первых двух окружностей было равно расстоянию y между внутренними краями второй и третьей окружности (рис. 3).

Для эксперимента была разработана программа, осуществляющая демонстрацию ТО с различными параметрами и позволяющая регулировать расстояние y испытуемому. При этом, в эксперименте для каждого испытуемого периодически осуществляется повтор одних и тех же

параметров ТО для усреднения данных и получения более точных оценок возникающей иллюзии $x - y = I$.



Рис. 3. – Возможное направление для перемещения правого круга [8]

В продолжение исследований [8] и для установления преимущества результатов, посвящённых влиянию на иллюзию таких известных факторов, как расстояние x между фиксированными окружностями (левый и средний круг) и диаметр d окружностей, рассматривались ориентационные факторы. Для определения связи влияния ориентационных факторов различных ОГИ на их величину [10] был выбран такой геометрический параметр, как ориентация γ всей тестовой конструкции от 0 до 360° (рис. 4).

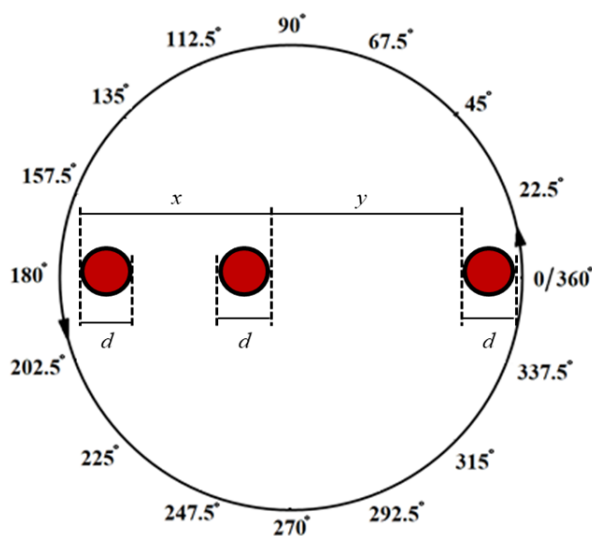


Рис. 4. – Вариации тест-объектов для исследования зависимости иллюзии I от ориентации γ

Целью работы не является исследование зрительных иллюзий в зависимости от характерных особенностей испытуемых. В связи с этим, для

эксперимента были приглашены люди разного пола и возраста (в основном от 17 до 30 лет) и выборка испытуемых состояла в итоге из 50-ти кандидатов.

Для подтверждения ранее полученных результатов [8] вначале была определена зависимость иллюзии I от расстояния x и диаметра d . Данный этап подразделялся на две серии экспериментов (табл. №1): а) эксперименты с различными параметрами расстояния x при фиксированном значении диаметра $d = 60 \text{ pix}$; б) эксперименты с различными параметрами диаметра d окружности при фиксированном значении расстояния $x = 200 \text{ pix}$.

Таблица №1

Диапазон значений x и d в пикселях

x	120	150	180	210	240
d	60	80	100	120	140

Также были исследованы ориентационные факторы влияния на иллюзии расстояния: определялась зависимость иллюзии I от поворота γ всей тестовой конструкции (рис. 4). Данный этап включал в себя серию экспериментов с различными параметрами ориентации γ ТО при фиксированном расстоянии $x = 210 \text{ pix}$ и фиксированном диаметре окружностей $d = 100 \text{ pix}$ (табл. №2).

Таблица №1

Диапазон значений γ .

γ	0	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
----------	---	-----	-----	------	------	------	------	------	------

На рис. 5а представлен график зависимости величины иллюзии I от расстояния x между внешними краями первых двух окружностей. Данная зависимость подтверждает результат, полученный ранее в [8]: величина иллюзии I возрастает до определенного параметра x (в данном случае до значения $x = 180 \text{ pix}$), затем иллюзия принимает статистически равные

значения. При этом величина иллюзии всегда выше нулевого значения, что свидетельствует о возникновении иллюзии при любых параметрах расстояния x между внешними краями первых двух окружностей (рис. 2).

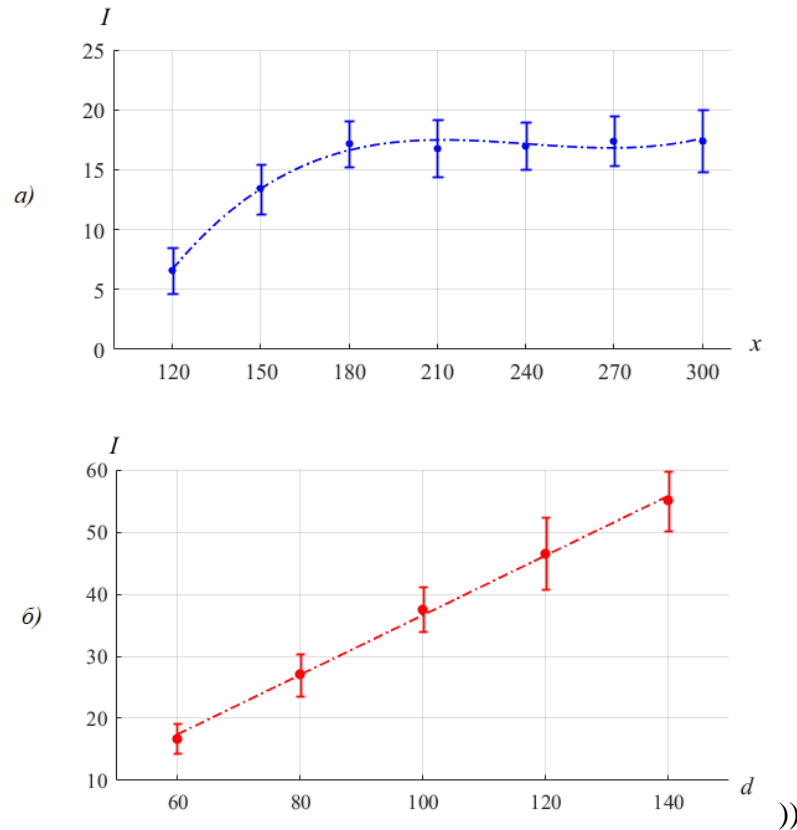


Рис. 5 – Зависимость иллюзии I от: а) величины расстояния x ;
б) от величины диаметра b

На рис. 5б представлен график зависимости величины иллюзии I от диаметра d окружностей, представленных на тест-объекте. К экспериментам, проведенным [8], были дополнительно добавлены два тест-объекта со следующими параметрами диаметра окружностей: 120 рix, 140 рix. Линейная зависимость, представленная на графике, подтверждает следующий результат: при увеличении диаметра d окружностей возрастает и величина иллюзии I .

На рис. 6 представлен график зависимости величины иллюзии I от поворота γ всей тестовой конструкции. Данная зависимость свидетельствует о наличии иллюзии I при любых параметрах γ . Также наблюдается

периодичность уменьшения-возрастания величины иллюзии I при повороте γ тест-объекта, при этом максимальные значения иллюзии I зафиксированы при таком повороте тест-объекта, когда испытуемый наблюдает его в вертикальном положении ($\gamma = 90^\circ, 270^\circ$).

Данный результат позволяет предположить, что геометрические иллюзии при их наблюдении в вертикальном положении принимают наиболее критические (высокие) значения, так как в исследовании ориентационных характеристик зрительной иллюзии пересечения [10] наблюдается аналогичная тенденция.

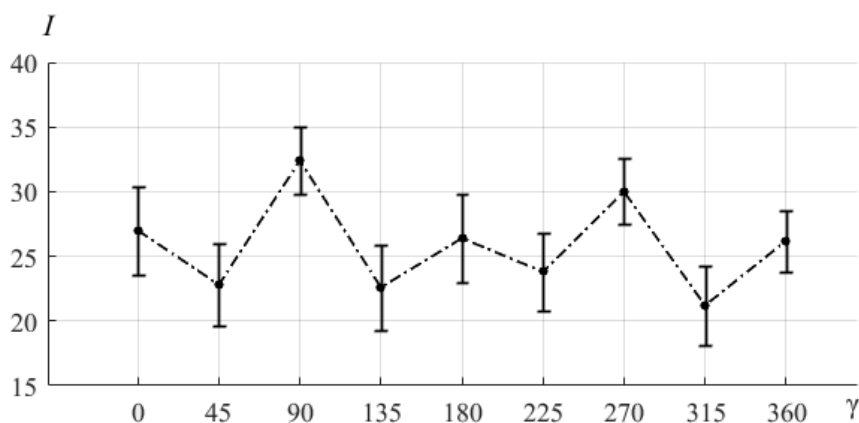


Рис. 6 – Зависимость иллюзии I от поворота γ тест-объекта

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- Иллюзия расстояния возникает при любых параметрах расстояния между окружностями и параметров поворота тестовой конструкции.
- Иллюзия расстояния линейно зависит от диаметра окружностей: чем больше диаметр окружностей, тем ярче выраженность иллюзии.
- Иллюзия расстояния проявляет наиболее яркую выраженность при наблюдении и тестировании ее в вертикальном положении.

Полученные результаты могут иметь практическую пользу, например, при профессиональном отборе операторов, чья деятельность связана со зрительной оценкой объектов, при моделировании человеческого зрения в

области компьютерного зрения [11], при обработке зрительной информации в компьютерной графике [12] и т.д.

Литература

1. Helmholtz, H. Handbuch der Physiologischen Optik (Vols. 1–3). Leipzig: Voss. 1867. P. 874
2. Oppel, J.J. Über geometrisch-optische Täuschungen. Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt am Main. 1855. Pp. 37–47.
3. Zöllner, F. Über eine neue Art von Pseudoskopie. Annalen der Physik und Chemie. 1860. Pp. 500–523
4. Berliner, A. & Berliner, S. The distortion of straight and curved lines in geometric fields. American Journal of Psychology. 1948. Vol. 61. Pp. 153–166.
5. Carpenter, R.H. S. & Blakemore, C. Interactions between orientations in human vision. Experimental Brain Research. 1973. Vol. 18. Pp. 287–303.
6. Walker, E.H. A mathematical theory of optical illusions and figural aftereffects. Perception & Psychophysics. 1973. Vol. 13. Pp. 467–486.
7. Gregory, R.L. Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. Nature. 1963. Vol. 199. Pp. 678–680.
8. Костоев А.Т., Данько Д.И. Исследование характеристик зрительной иллюзии расстояния между краями объектов // Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности». – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина». 2022. – С. 116-121.
9. Ярбус А.Л. О некоторых иллюзиях в оценке видимых расстояний между краями предметов // Исследования по психологии восприятия. М. 1948. – С. 289-306.
10. Rakcheeva, T & Kostoev, Adam. Research of orientation characteristics of visual intersection illusion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 747(1). URL:

researchgate.net/publication/339986674_Research_of_orientation_characteristics_of_visual_intersection_illusion

11. Явна Д.В. Компьютерное моделирование зрительных механизмов группирования, избирательных к пространственным модуляциям контраста // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009.

12. Букатов А.А., Гридчина Е.Е., Заставной Д.А. Методы скелетной анимации для трансформации полигональных поверхностей трёхмерных моделей // Инженерный вестник Дона. 2012. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/897.

References

1. Helmholtz, H. Handbuch der Physiologischen Optik (Vols. 1–3). Leipzig: Voss. 1867. P. 874

2. Oppel, J.J. Über geometrisch-optische Täuschungen. Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt am Main. 1855. Pp. 37–47.

3. Zöllner, F. Über eine neue Art von Pseudoskopie. Annalen der Physik und Chemie. 1860. Pp. 500–523

4. Berliner, A. & Berliner, S. The distortion of straight and curved lines in geometric fields. American Journal of Psychology. 1948. Vol. 61. Pp. 153–166.

5. Carpenter, R.H. S. & Blakemore, C. Interactions between orientations in human vision. Experimental Brain Research. 1973. Vol. 18. Pp. 287–303.

6. Walker, E.H. A mathematical theory of optical illusions and figural aftereffects. Perception & Psychophysics. 1973. Vol. 13. Pp. 467–486.

7. Gregory, R.L. Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling. Nature. 1963. Vol. 199. Pp. 678–680.

8. Kostoev A.T., Dan'ko D.I. Vserossijskaja nauchnaja konferencija molodyh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem «Innovacionnoe razvitie tehniki i tehnologij v promyshlennosti». Moskva.2022. Pp. 116-121.



9. Jarbus A.L. Issledovaniya po psihologii vospriyatija. Moskva. 1948. Pp. 289-306.

10. Rakcheeva, T & Kostoev, Adam. Research of orientation characteristics of visual intersection illusion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 747(1). URL: researchgate.net/publication/339986674_Research_of_orientation_characteristics_of_visual_intersection_illusion

11. Javna D.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009.

12. Bukatov A.A., Gridchina E.E., Zastavnoj D.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/897.