

ВЛИЯНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ КОНФИГУРАЦИИ НА ВЫРАЖЕННОСТЬ ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ¹

Г. Я. Меньшикова, Е. Г. Лунякова, Н. В. Полякова

МГУ им. М. В. Ломоносова, факультет психологии (Москва)

mgja@rambler.ru

Изучалось восприятие классических зрительных иллюзий Мюллера–Лайера, одновременно контраста и Вазарели, предъявленных в трехмерной и двумерной конфигурациях с использованием технологии виртуальной реальности. Результаты показали, что 3D-предъявление влияет на выраженность иллюзорного эффекта для иллюзий одновременного контраста и Вазарели и не сказывается на выраженности иллюзии Мюллера–Лайера. Полученные данные обсуждаются с позиций трехуровневой модели формирования зрительных иллюзий.

Ключевые слова: зрительные иллюзии, уровневая модель переработки информации, сенсорные и когнитивные механизмы формирования зрительного образа, технология виртуальной реальности.

Введение

Одной из новых, практически неизученных задач является задача создания и исследования восприятия трехмерных (3D) зрительных иллюзий. Огромный интерес к исследованию зрительных иллюзий связан с предположением о том, что выявление причин возникновения «ошибок» зрительной системы позволит выявить особенности обработки информации в зрительной системе человека. Разнообразные зрительные иллюзии, известные к настоящему времени, представляют собой плоские 2D-изображения, предъявляемые на бумаге или на экране монитора. Возникает вопрос о том, изменится ли выраженность зрительных иллюзий, если классические плоские изображения иллюзий преобразовать в трехмерный вид, используя технологию виртуальной реальности?

Ответ на этот вопрос представляется важным с теоретической точки зрения, поскольку позволяет выявить важность такого зрительного признака как диспаратность для процесса формирования иллюзорного эффекта.

Теоретическую основу данного исследования составляют современные представления о многоуровневой структуре восприятия (Adelson, 2000; Gilchrist et al., 1999; и др.), согласно которым в зрительной системе можно выделить гипотетические уровни обработки информации. Нижний (сенсорный) уровень включает процессы, происходящие на сетчатке. На среднем (кортикальном) уровне осуществляется переработка зрительной информации, связанная с процессами перцептивной группировки, восприятия контуров и поверхностей. На высшем (когнитивном) уровне происходит интеграция зрительной информации с учетом различных когнитивных зрительных признаков. Подобный многоуровневый подход был успешно применен для объяснения восприятия оптико-геометрических иллюзий (Coren, Girgus, 1978), для объяснения иллюзий светлоты (Adelson, 2000).

Наиболее интересны, на наш взгляд, иллюзии, имеющие несколько альтернативных (разноуровневых) вариантов объяснения.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-07-00512-а.

Одной из таких иллюзий является **иллюзия Мюллера–Лайера**. В ряде объяснений (как, например, в теории смещения нейронной активности (Bekesy, 1967; Chiang, 1968)) основную роль в возникновении иллюзорного эффекта играют механизмы сенсорного и кортикального уровней. Например, выраженность иллюзии Мюллера–Лайера может быть снижена, если «наконечники» и центральные сегменты окрашены в разные цвета. Предполагается, что это является следствием перцептивной группировки – механизма среднего уровня (Sadza & de Weert, 1984). В других работах (Gregory, 1997) иллюзия имеет когнитивное происхождение и объясняется интерпретацией двумерного изображения как трехмерного: наконечники стрел создают ложные признаки разной удаленности линий от наблюдателя, что приводит к ошибке в оценке их длины. В пользу этого свидетельствуют данные Юлеша (Julesz, 1971): иллюзия возникает даже при предъявлении стимуляции в форме случайно-точечных стереограмм. Еще одним аргументом в пользу когнитивного уровня является снижение выраженности иллюзии в результате научения (Girgus et al., 1975).

Иллюзия одновременного контраста состоит в том, что два одинаковых серых квадрата, расположенных на черном и белом фоне, кажутся, соответственно более и менее светлым друг относительно друга. Существует как минимум три альтернативных объяснения этой иллюзии, причем каждое из них основывается на работе механизмов разных уровней: сенсорного (Hering, 1964), кортикального (Gilchrist et al., 1999; Adelson, 2000) и когнитивного, предложенного Г. Гельмгольцем. Последнее предполагает, что участки светлого и темного фона воспринимаются по-разному освещенными, что и приводит к различной оценке светлоты центральных тестовых квадратов.

Иллюзия Вазарели состоит в том, что при наложении достаточно большого количества квадратов (не менее 7), размер которых меняется от большего к меньшему, а светлота равномерно распределяется от черного к белому, наблюдатель видит крест, локализованный по диагоналям квадратов и окрашенный в цвет центрального квадрата. Классическое объяснение этой иллюзии основано на сенсорном механизме латерального торможения, а также механизме заполнения (filling-in), действующем на кортикальном уровне. Данные Menshikova, Polyakova (2009) по исследованию влияния геометрии, образующих стороны квадратов, линий на выраженность эффекта Вазарели также свидетельствуют в пользу того, что в ее формировании участвуют механизмы кортикального уровня. Вопрос о том, вносит ли когнитивный уровень обработки информации свой вклад в формирование иллюзорного креста, не исследовался.

Представляет интерес вопрос о вкладе механизмов различных уровней в процесс формирования перцептивного образа, а также вопрос о взаимодействии этих механизмов (суммация/взаимное торможение). Так, Р. Грегори (Gregory, 1997) основное значение придавал когнитивным факторам высшего уровня, включающим знания и опыт. Одним из механизмов, традиционно относимых к высшему уровню обработки, является механизм стереозрения. Наличие или отсутствие зрительного признака диспаратности является важным для восприятия размера, формы, светлоты. Именно неоднозначность информации о глубине в двумерных изображениях может приводить к ошибкам в оптико-геометрических иллюзиях, иллюзиях яркости и светлоты.

Гипотеза исследования. Добавление в зрительную сцену зрительного признака когнитивного уровня, а именно признака диспаратности, может привести к изменению выраженности иллюзорного эффекта.

Процедура и методы исследования. Экспериментальное исследование проводилось с использованием технологии малой виртуальной реальности (очки VR eMagin Z800 3D Visor). План проведения эксперимента был написан в программе MediaLab v2008 1.33. Статистическая обработка данных производилась в программе SPSS Statistics (версия 14.0).

В исследовании приняли участие 25 человек (12 мужчин и 13 женщин) в возрасте от 17 до 30 лет с нормальным или скорректированным зрением.

Исследование состояло из трех серий.

- 1 Исследование выраженности иллюзии Мюллера–Лайера в 2D и 3D конфигурациях. 3D конфигурации были созданы таким образом, что сравниваемые линии лежали в одной плоскости, а индуцирующие наконечники – в других некомпланарных плоскостях (углублялись внутрь или выходили наружу).
- 2 Исследование выраженности иллюзии одновременного контраста в 2D- и четырех 3D-конфигурациях. Тестовые участки в конфигурации 1 были приподняты над фоном и компланарны ему; в конфигурации 2 – приподняты под углом к фону, оставаясь компланарными друг другу; в конфигурации 3 (а и б) – некомпланарны между собой и расположены под разными вертикальными углами к фону.
- 3 Исследование выраженности иллюзии Вазарели в 2D- и 3D-конфигурациях, образующих выступающие на наблюдателя пирамиды или же, наоборот, углубляющиеся внутрь туннели.

Для измерения выраженности иллюзорного эффекта иллюзии Мюллера–Лайера и иллюзии одновременного контраста в 2D- и 3D-вариантах нами был использован метод констант. Для изучения выраженности иллюзорного эффекта иллюзии Вазарели в 2D- и 3D-конфигурациях был выбран метод парных сравнений Терстоуна.

Результаты. На рисунке 1 представлены вероятности предпочтения (ответ «длиннее») сравниваемого стимула (стрелки наружу) эталонному (стрелки внутрь) для плоского варианта иллюзии Мюллера–Лайера и ее четырех стереоконфигураций.

Значимых различий между психометрическими кривыми, полученными для плоского варианта иллюзии и для ее 3D-конфигураций, не обнаружено. Этот результат позволяет сделать вывод о том, что добавление признака диспаратности не приводит к изменению иллюзорного эффекта.

На рисунке 2 представлена вероятность предпочтения (ответ «светлее») сравниваемого стимула (серый участок на черном фоне) эталонному (серый участок на белом фоне) для плоского варианта (0) иллюзии одновременного контраста и четырех стереоконфигураций (1, 2, 3а, 3б).

Значимые различия по критерию Вилкоксона ($p = 0,05$) были выявлены для стереоконфигураций 3а и 3б по сравнению с конфигурациями 1 и 2. Кроме того, значимыми можно считать различия между плоской (0) и 3а и 3б конфигурациями ($p = 0,08$).

Иллюзорный эффект значимо уменьшился для 3а-конфигурации и, наоборот, увеличился для 3б-конфигурации. К изменению иллюзорного эффекта может приводить учет взаимного расположения поверхностей и фона, а также наличие неосознаваемой гипотезы об освещенности всей сцены сверху. В конфигурации 3а поверхность на черном фоне кажется ярко освещенной, а на белом – затененной; в конфигурации 3б, напротив, на черном фоне поверхность затенена, на белом –

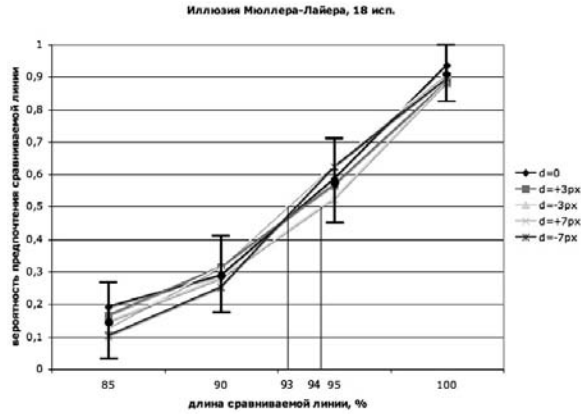


Рис. 1. Иллюзия Мюллера-Лайера. По абсциссе отложена длина сравниваемого стимула (85, 90, 95 и 100% от длины эталонной линии), по ординате – вероятность его предпочтения эталонному; d – смещение правого/левого изображений в экранных пикселях, задающее величину диспаратности



Рис. 2. Иллюзия одновременного контраста. По абсциссе отложены цветовые параметры сравниваемого стимула (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70% белого в шкале HSB), по ординате – вероятность ответов «светлее»

освещена. Учитывая гипотезу о том, что при оценке светлоты зрительная система использует перцептивное правило взаимодействия светлоты и воспринимаемой освещенности (чем сильнее воспринимаемое освещение, тем ниже оценка светлоты) (Menshikova, Logvinenko, 1993; Menshikova, Lunyakova, 1994), зрительная система автоматически «пересчитывает» светлоту центральных поверхностей в соответствие с этим правилом. В результате, в конфигурации 3а светлота тестового участка на черном фоне уменьшается, а на белом – увеличивается, что приводит к снижению иллюзорного эффекта в конфигурации 3а и, наоборот, к увеличению – в конфигурации 3б.

По результатам парных сравнений пяти вариантов иллюзии Вазарели: (плоская иллюзия – 0), две пирамиды (1р – невысокая; 2р – высокая) и два туннеля (1т – неглубокий и 2т – глубокий) – были построены порядковые шкалы выраженности иллюзорного эффекта – яркости креста. На основании полученных данных можно сделать выводы о том, что: 1) в плоском варианте иллюзия значительно менее выражена, чем в трехмерном; 2) иллюзорный эффект сильнее для более выраженных трехмерных форм (2р и 2т).

Выводы

Добавление в зрительную сцену важного признака когнитивного уровня, а именно диспаратности, привело к изменению выраженности иллюзорного эффекта в 3D-конфигурациях по сравнению с плоскими изображениями в иллюзиях одновременного контраста и иллюзии Вазарели и никак не сказалось на выраженности оптико-геометрической иллюзии Мюллера–Лайера. Полученные данные подтверждают предположение, что в формировании иллюзии одновременного контраста и иллюзии Вазарели задействованы механизмы когнитивного уровня.

Литература

- Adelson E. H. Lightness perception and lightness illusions // M. Gazzaniga (Ed.). The new cognitive neurosciences. Cambridge, MA: MIT Press, 2000. P. 339–351.
- Békésy Georg Von. Sensory Inhibition. Princeton: University Press, 1967.
- Chiang C. A new theory to explain geometrical illusions produced by crossing lines // Perception Psychophysics. 1968. 3. P. 174–176.
- Coren S., Girgus J. S. Visual illusions // R. Held H. W. Leibowitz, H.-L. Teuber (Eds.), Handbook of sensory physiology. V. III. Perception. New York: Springer Verlag, 1978.
- Gilchrist A. L., Kossyfidis Ch., Bonato F. et al. An anchoring theory of lightness perception // Psychological Review. 1999. V. 4. № 109. P. 795–834.
- Girgus J. S., Coren S., Durant M., Porac C. The assessment of components involved in illusion formation using a long term decrement procedure // Perception and Psychophysics. 1975. № 2. P. 144–148.
- Gregory R. L. Knowledge in perception and illusion // Philosophical Transactions of the Royal Society B. 1997. № 352. P. 1121–1128.
- Hering E. Outlines of theory of the light sense. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964.
- Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: University of Chicago Press, 1971.
- Menshikova G., Logvinenko A. Colour-shadow coupling in human vision // Proc. of 16-th European Conference on visual perception. Edinburgh. Aug. 25–29. 1993. P. 54.
- Menshikova G., Lunyakova E. Relationship between achromatic colour of a surface and its perceived illumination in the «wallpaper» illusion // Proc. of 17-th European Conference on visual perception. Eindhoven. Sep. 4–8. 1994. P. 17.
- Menshikova G. Y., Polyakova N. V. The strength of Vasarely and SLC illusions depends on line straightness // Perception 38 ECVF Abstract Supplement. 2009. P. 95.
- Sadza K. J., de Weert C. M. M. Influence of color and luminance on the Muller-Lyer illusion // Perception & Psychophysics. 198. № 35. P. 214–220.