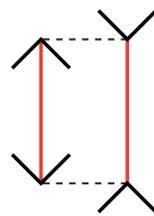


Свёрточная нейросетевая модель пространственного возникновения иллюзии Мюллера-Лайера

Мамаев А.Н. E-mail: a.n.mamaev@spbu.ru, ORCID: 0000-0002-2283-380X Санкт-Петербургский государственный университет
 Горбунов И.А. E-mail: i.a.gorbunov@spbu.ru, ORCID: 0000-0002-7558-750X Факультет психологии

Введение

Иллюзия Мюллера-Лайера — оптическая иллюзия, в которой две одинаковые линии выглядят разными по длине при изменении их оперения.



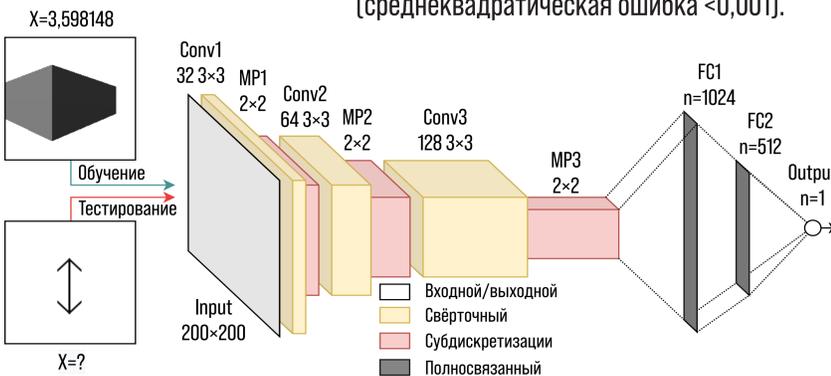
Иллюзия представляет интерес для компьютерного зрения, существуют попытки воспроизвести иллюзию для свёрточных нейронных сетей [Zeman 2013], но в них она рассматривается без учёта контекста объёмной среды, значение которой отмечается в теоретических обоснованиях [Gregory 1963].

Мы поставили цель обучить модель производить измерения в трёхмерном пространстве и выяснить, достаточно ли этого для проявления феномена. Это позволит установить связь между иллюзией и восприятием пространства.

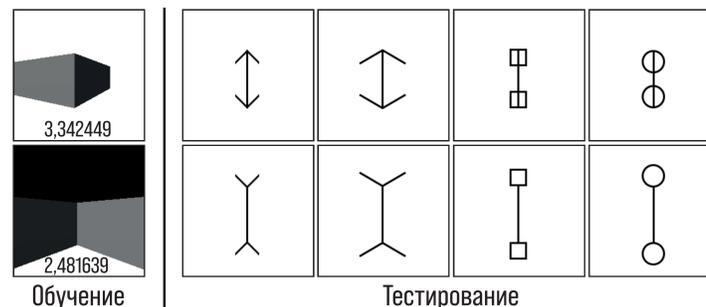
Методы

Для исследования мы создали свёрточную нейронную сеть и обучили её решать задачу регрессии: модели было необходимо вычислить числовое значение, опираясь на данные изображения.

Для формирования обучающего набора данных мы создали виртуальную среду, приближенную к реальному пространству, в которой располагалась камера и объёмная фигура с заданной высотой. Камера меняла положение, фотографировала угол фигуры из разных точек, снаружи и изнутри. Изображения сохранялись вместе с данными о размере фигуры. Когда изображения поступали на входной слой сети, оценки, данные моделью, сравнивались с истинными значениями, и внутренние параметры корректировались до тех пор, пока модель не достигла высокой точности (среднеквадратическая ошибка $< 0,001$).



Тестовый набор данных состоял из версий иллюзии Мюллера-Лайера: с широким и узким оперением, кругами и квадратами вместо стрелок. Предсказания модели для тестовых стимулов сравнивались внутри пар.



С помощью алгоритма Markov Chain Monte-Carlo [Metropolis] были созданы 4 байесовских модели, описывающие оценки 30 независимых моделей через факторы направления стрелок и ширины оперения:

1. Нулевая, направление и ширина стрелок не влияют на оценки модели;
2. Модель направления, на оценки влияет направление стрелок;
3. Модель ширины, на оценки влияет ширина оперения;
4. Полная модель, влияет и направление и ширина.

Для сравнения моделей были использованы Bayes Factor, Watanabe-Akaike Information Criterion, Leave-One-Out cross-validation.

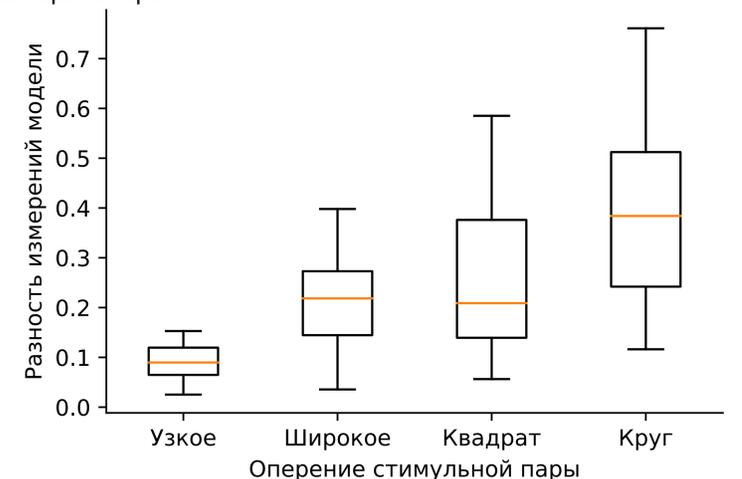
Результаты

Методы сравнения байесовских моделей дали однозначные результаты, которые позволили составить рейтинг и выявить соотношение факторов стимула, влияющих на оценки нейронной сети. Наиболее высокие оценки получила двухфакторная полная модель, меньшие — однофакторные модели направления и ширины. Как наименее вероятная была определена нулевая модель.

Ранг	Модель	Bayes Factor	WAIC	L00
1	Полная	3×10^{37}	270,73±10,48	270,7±10,5
2	Направления	$6,8 \times 10^{25}$	245,22±9,32	245,21±9,33
3	Ширины	$6,5 \times 10^3$	194,35±6,86	194,34±6,86
4	Нулевая	1	186,66±7,69	186,66±7,69

Сравнение разностей оценок моделей, сделанных для разных стимульных пар, показало различия эффекта иллюзии Мюллера-Лайера между её версиями. При том, что больший эффект в парах с широким оперением можно объяснить схожестью стимулов с изображениями для обучения, ещё больший эффект у нестандартных стимулов требует дальнейшего обоснования.

Для всех стимульных пар разность оценок была положительной, что свидетельствует о высокой стойкости проявления иллюзии Мюллера-Лайера.



Выводы

Мы продемонстрировали, что иллюзию Мюллера-Лайера возможно воспроизвести для свёрточной нейронной сети, обученной исключительно для измерений в пространстве. При этом себя проявляет не только классическая иллюзия Мюллера-Лайера, но и варианты, не вызывающие эффекта перспективы.

Литература

Zeman A. и др. The Müller-Lyer Illusion in a Computational Model of Biological Object Recognition // PLoS ONE. 2013. Т. 8. № 2. С. e56126.
 Gregory R. L. Distortion of Visual Space as Inappropriate Constancy Scaling // Nature. 1963. Т. 199. № 4894. С. 678-680.