

КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2019

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

УДК 159.9
ББК 88.25
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППиП. 2019 г. – 656 стр.

ISBN 978-5-4465-2346-7

УДК 159.9
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-2346-7

©Авторы статей, 2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСПЕШНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ МНОЖЕСТВА ОБЪЕКТОВ

А. А. Меклер* (1), Л. О. Ткачева (2), В. Л. Волохонский (3),

Е. П. Станкова (4)

mekler@yandex.ru

1 – СПбГПМУ, Санкт-Петербург; 2 – СПбГУ, Санкт-Петербург;

3 – ООО «Интеллиджей Лабс», Санкт-Петербург; 4 – ИЭФБ РАН,

Санкт-Петербург

Аннотация. Успешность выполнения заданий Multiple Objects Tracking (MOT) сильно зависит от условий исследования, и поэтому результаты таких исследований весьма разнообразны, а иногда и противоречивы. По-прежнему остаются нерешенными вопросы, связанные с определенными физическими условиями экспериментов и характеристиками целей и дистракторов. В этой связи целью нашего исследования было выявление критических параметров, влияющих на качество отслеживания. Для каждого испытуемого ($N = 30$) было проведено 45 проб в рандомизированном порядке. Пробы различались количеством целей и дистракторов, скоростью их движения и длительностью. Было установлено, что успешность слежения в первую очередь зависит от количества целей и во вторую – от длительности проб. Другие факторы оказывали слабое влияние. Было обнаружено, что шесть целей являются критической величиной, что выражалось в резком увеличении числа ошибок. Влияние количества дистракторов существенно меньше, а скорости движущихся объектов – не значимо.

Ключевые слова: Multiple Objects Tracking, успешность выполнения задания, цели и дистракторы

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-013-01086.

В классических работах, посвященных изучению слежения за множественными объектами (Multiple Objects Tracking, MOT), было показано, что испытуемые способны отслеживать 4–5 целей, движущихся в течение 7 секунд со скоростью от 1.25 до 9.4 °/сек (Pylyshyn, Storm, 1988; Scholl, Pylyshyn, 1999). Выяснилось, что при скорости стимула 3 °/сек в течение 5 секунд испытуемые могут отслеживать до 8 объектов (Alvarez, Franconeri, 2007). Считается, что чем выше скорость движения целей, тем больше ресурсов внимания требуется для продуктивного отслеживания (Feria, 2013). Существует несколько теорий, описывающих изменения зрительного внимания в процессе отслеживания. Среди них теория «Луча внимания» (Eriksen, James, 1986), теория автоматического распределения внимания (Scholl, 2009) и теория пространственно-ориентированного внимания (Goldsmith, Yeari, 2003). Следует отметить, что результаты экспериментов MOT сильно зависят от условий исследования, и поэтому

они весьма разнообразны, а иногда и противоречивы. Так, например, было показано, что паттерны фиксации взора могут зависеть от параметров дисплея воспроизведения (Fazl, Mingolla, 2007). По-прежнему остаются нерешенными вопросы, связанные с определенными физическими условиями экспериментов, характеристиками целей и дистракторов и тем, как они влияют на качество процесса слежения, поскольку существующие теории внимания не могут объяснить результаты подобных исследований (Howe, Holcombe, 2012). В этой связи целью нашего пилотажного исследования было выявление критических параметров, влияющих на качество отслеживания для дальнейшего построения алгоритма постепенного увеличения сложности заданий и его использования в МОТ-эксперименте с регистрацией ЭЭГ.

Методика

Было проведено исследование успешности выполнения задания слежения за движущимися объектами. Программное обеспечение было написано на языке Python. Анимации для отслеживания были представлены на мониторе с частотой обновления 75 Гц. Согласно устоявшейся методологии, условия эксперимента заданы в градусах; поэтому для их соблюдения в настройках программы были указаны характеристики монитора (высота и ширина в пикселях и в сантиметрах) и расстояние просмотра для каждого испытуемого.

Все стимулы были представлены в черном квадрате (яркость = 0.14 кд/м²) размером 21 ° × 21 °, остальная часть экрана оставалась серой. Цвет и яркость поля соответствовали стандартам, предложенным в работах (Zenon et al., 2008; Feria, 2013). Стимулы представляли собой светло-серые круги (яркость = 50 кд/м²), диаметр 0.3 °.

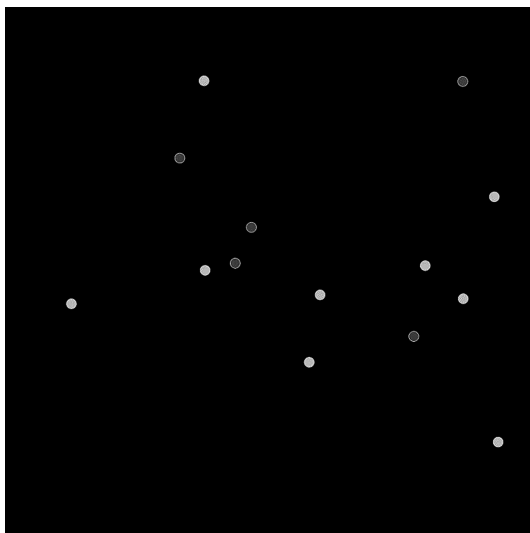


Рисунок 1. Поле с 14 объектами, 5 из которых целевые (на ч/б рисунке – более темные)

В начале каждой пробы, без предупреждения, появлялся белый фиксационный крест на черном фоне для задания центральной фиксации; яркость 95 кд/м^2 , размер $0.4^\circ \times 0.4^\circ$, как в работе (Zhong et al., 2014). Нажатие сочетания клавиш на клавиатуре компьютера приводило к появлению стимулов на начальных позициях в пробе N (1, 2...n). Исходные позиции стимулов задавались случайным образом, с ограничением, что каждый стимул должен был быть на расстоянии не более 2.38° от края дисплея и от другого стимула. При этом целевые стимулы мигали красным цветом (шесть раз в течение одной секунды, см. рис. 1). После этого все стимулы начинали перемещаться по дисплею. Начальные направления движения были случайными; при «столкновении» движение продолжалось по законам физики, как если бы это были упругие столкновения шарообразных тел (например, бильярдных шаров). По окончании движения испытуемому необходимо было сделать выбор, кликнув по целям левой кнопкой мыши. В случае правильной идентификации целевой стимул приобретал зеленый цвет, в случае ошибки – красный.

В эксперименте принимало участие 30 испытуемых – 14 мужчин и 16 женщин в возрасте от 19 до 34 лет. Для каждого испытуемого был проведен ряд проб в рандомизированном порядке. Количество целей варьировалось от 2 до 7, а общее количество объектов – от 10 до 14. Количество целей никогда не превышало количество дистракторов. В общей сложности использовалось 15 всех возможных комбинаций количества целей и дистракторов. Для каждой комбинации было проведено по три пробы, различающиеся временем отслеживания и скоростью движения. Время отслеживания в одной пробе составляло 10 секунд, скорость – $1^\circ/\text{сек}$; в другой – 10 секунд и $1.5^\circ/\text{сек}$; в третьей – 15 секунд и $1.5^\circ/\text{сек}$. Таким образом, для каждого испытуемого было проведено 45 проб. Общая длительность эксперимента для каждого испытуемого составила около 40 минут – в зависимости от скорости выполнения задания и длительности перерывов между заданиями.

Метрикой успешности выполнения задания была выбрана доля правильных ответов, из которой вычиталась гипергеометрическая вероятность получения такого результата случайно.

Была вычислена связь успешности с количеством целей, общим количеством объектов, скоростью их движения и временем выполнения задания. Вычислялся ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты

Было установлено, что успешность слежения в заданных нами экспериментальных условиях в наибольшей степени зависит от количества целей ($R = .67$, $p = 1.7E-8$) и продолжительности отслеживания объектов ($R = .48$, $p = 5.8E-4$). Было обнаружено, что шесть целей являются критической величиной в данных физических условиях эксперимента, что выражалось в резком снижении качества слежения и значительном увеличении числа ошибок, независимо от остальных характеристик проб (длительность, скорость движения и пр.). Меньшее влияние на успешность выполнения задания оказывало общее количество

объектов ($R = .27$, $p = .05$). Влияние скорости движения (в использованном нами диапазоне) на успешность оказалось не значимым.

Обсуждение и выводы

Полученные результаты в некоторой степени согласуются с весьма подробным обзором факторов, влияющих на ограничение количества успешно отслеживаемых объектов, представленных в работе Jason M. Scimeca и Steven L. Franconeri (2014). Вместе с тем мы не получили подтверждения предположения указанных авторов, что скрытым фактором успешности выполнения задания является количество столкновений объектов. При этом наши результаты скорее свидетельствуют в пользу теории пространственной интерференции, чем поддержки ресурсной теории распределения внимания в процессе слежения (Holcombe et al., 2014). Согласно этой теории, отслеживание опосредуется нейронами с локальными рецептивными полями, и, если бы не существовало пространственных помех, участники могли бы отслеживать неограниченное количество объектов (Franconeri et al., 2013). Следующим этапом нашего исследования станет изучение активности мозга в процессе выполнения задания MOT с помощью ЭЭГ в условиях применения выявленного алгоритма повышения сложности задачи слежения.

Литература

- Alvarez G.A., Franconeri S.L. How many objects can you track?: Evidence for a resource-limited attentive tracking mechanism // *Journal of Vision*. 2007. Vol. 7. No. 13. P. 14. doi:10.1167/7.13.14
- Eriksen C.W., St James J.D. Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model // *Perception & Psychophysics*. 1986. Vol. 40. P. 225 – 240. doi:10.3758/bf03211502
- Fazl A., Mingolla E. Consistency of eye movements during multiple object tracking // *Journal of Vision*. 2007. Vol. 7. No. 9. P. 902 – 902. doi:10.1167/7.9.902
- Feria C.S. Speed has an effect on multiple-object tracking independently of the number of close encounters between targets and distractors // *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2013. Vol. 75. No. 1. P. 53 – 67. doi:10.3758/s13414-012-0369-x
- Franconeri S.L., Alvarez G.A., Cavanagh P. Flexible cognitive resources: Competitive content maps for attention and memory // *Trends in Cognitive Sciences*. 2013. Vol. 17. No. 3. P. 134 – 141. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.01.010>
- Goldsmith M., Yeari M. Modulation of object-based attention by spatial focus under endogenous and exogenous orienting // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2003. Vol. 29. No. 5. P. 897 – 918. doi:10.1037/0096-1523.29.5.897
- Holcombe A.O., Chen W.-Y., Howe P.D.L. Object tracking: Absence of long-range spatial interference supports resource theories // *Journal of Vision*. 2014. Vol. 14. No. 6. P. 1. doi:10.1167/14.6.1
- Howe P.D., Holcombe A.O. The effect of visual distinctiveness on multiple object tracking performance // *Frontiers in Psychology*. 2012. Vol. 3. doi:10.3389/fpsyg.2012.00307
- Pylyshyn Z.W., Storm R.W. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism // *Spatial Vision*. 1988. Vol. 3. No. 3. P. 179 – 197. doi:10.1163/156856888x00122

Scholl B.J. What have we learned about attention from multiple object tracking (and vice versa)? // *Computation, cognition, and Pylyshyn* / D. Dedrick, L. Trick (Eds.). Cambridge, MA, US: MIT Press, 2009.

Scholl B.J., Pylyshyn Z.W. Tracking multiple items through occlusion: Clues to visual objecthood // *Cognitive Psychology*. 1999. Vol. 38. No. 2. P. 259–290. [doi:10.1006/cogp.1998.0698](https://doi.org/10.1006/cogp.1998.0698)

Scimeca J.M., Franconeri S.L. Selecting and tracking multiple objects // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. 2014. Vol. 6. No. 2. P. 109–118. [doi:10.1002/wcs.1328](https://doi.org/10.1002/wcs.1328)

Zenon A., Hamed S.B., Duhamel J.-R., Olivier E. Spatial and temporal dynamics of attentional guidance during inefficient visual search // *PLoS ONE*. 2008. Vol. 3. No. 5. P. e2219. [doi:10.1371/journal.pone.0002219](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002219)

Zhong S., Ma Z., Wilson C., Liu Y., Flombaum J.I. Why do people appear not to extrapolate trajectories during multiple object tracking? A computational investigation // *Journal of Vision*. 2014. Vol. 14. No. 12. P. 12–12. [doi:10.1167/14.12.12](https://doi.org/10.1167/14.12.12)

FACTORS AFFECTING SUCCESS IN THE MULTIPLE OBJECTS TRACKING TASK

A. A. Mekler* (1), L. O. Tkacheva (2), V. L. Volokhonskiy (3), E. P. Stankova (4)

mekler@yandex.ru

1 – SPbSPMU, Saint-Petersburg; 2 – SPbU, Saint-Petersburg; 3 – JetBrains, Saint-Petersburg; 4 – Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg

Abstract. Success in the Multiple Objects Tracking (MOT) task depends mostly on task conditions and therefore the results of such studies can be very diverse and sometimes contradictory. Moreover, there are unresolved issues related to certain physical conditions of experiments and characteristics of the targets and distractors. Thus, the aim of our study was to identify critical parameters that affect the quality of tracking. Each participant ($N=30$) carried out 45 tasks presented in a randomized order. The tasks differed in the number of targets and distractors, their speed and their duration time. It was found that the success of tracking depends primarily on the number of targets, and also on the duration time of the tasks. Other factors had less impact. It was revealed that six targets is a crucial amount, which is linked to a noticeable increase in the number of errors. The number of distractors appeared to be a less significant parameter while the moving object speed was not significant.

Keywords: Multiple Objects Tracking, task fulfillment success, aims and distractors