

УДК 378:159.9.092 (Высшее образование. Университеты. Академическое обучение. Психологические исследования, опыты, эксперименты, тесты, измерения)

**ИМПЛИЦИТНОЕ ЗАУЧИВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОРГАНИЗАЦИИ**

© 2019 А.Ю. Агафонов, С.Н. Бурмистров, Ю.Е. Шилов, А.Д. Фомичева, Г.А. Старостин
Агафонов Андрей Юрьевич, доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии.

E-mail: aa181067@yandex.ru

Бурмистров Сергей Николаевич, старший преподаватель кафедры общей психологии. E-mail: burm33@mail.ru

Шилов Юрий Егорович, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии.

E-mail: sheloves@samsu.ru

Фомичева Арина Дмитриевна, студент факультета психологии. E-mail: fomar1999@mail.ru

Старостин Григорий Анатольевич, аспирант кафедры общей психологии. E-mail: star.gregori@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева.
Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 25.10.2019

Статья подготовлена в рамках реализации проекта, поддержанного РФФИ (грант № 19-013-00103).

Статья посвящена одному из феноменов имплицитного научения – усвоению последовательностей. Неосознанное заучивание последовательностей происходит в процессе многократного восприятия набора различных стимулов, которые чередуются закономерным образом. В исследованиях в настоящее время используют разные типы последовательностей: пространственные, структурные, коррелированные и некоррелированные, хронометрические. В статье дается характеристика данных видов, а также описаны процедуры и результаты экспериментов, в которых применялись комбинированная некоррелированная последовательность и последовательность временного типа организации. Выявлен эффект имплицитного усвоения двух независимых последовательностей разной размерности, а также обнаружена возможность неосознанного заучивания последовательности временных интервалов независимо от наличия закономерностей в порядке моторного реагирования, локализации или структурной организации стимулов.

Ключевые слова: познавательная деятельность, имплицитное научение, структурные последовательности, временные последовательности, время реакции.

Введение. В когнитивной психологии имплицитное научение (ИН) стало предметом исследований более пятидесяти лет назад [1]. За полвека область изучения ИН значительно расширилась и обнаруженные за это время экспериментальные эффекты довольно трудно классифицировать на едином основании. Между тем, можно выделить основные, хотя и не единственные, направления, в русле которых последние десятилетия проводятся экспериментальные работы. Это: 1) обучение искусственной грамматике; 2) управление динамическими системами; 3) усвоение (выучивание) последовательностей [2]. Понятно, что эти направления могли возникнуть только после создания соответствующих экспериментальных техник.

«Усвоение последовательностей» (*Sequence Learning*) как экспериментальный метод предполагает многократное предъявление организован-

ной последовательности, составленной из определенных элементов. Такими элементами, как правило, выступают перцептивные стимулы, которые предъявляются сукцессивно. Сама последовательность может иметь разную размерность и включать в себя как уникальные, так и повторяющиеся элементы. (Например, в структуре последовательности один и тот же элемент может присутствовать два раза: GUOBSRLBYA). Иногда в экспериментах задают последовательность локализации стимулов, а не самих стимулов. Значительно реже используют последовательности временного типа, когда элементами выступают разные интервалы времени, сменяющие друг друга. Более сложным видом являются последовательности комбинированного типа организации. Для них специфично сочетание двух параметров стимуляции. Другими словами, комбинированная последовательность объединяет в себе две струк-

турные последовательности. (Например, последовательности формы и размера фигур). Комбинированные последовательности могут быть *связанные* и *несвязанные*. В связанных (коррелированных) последовательностях разные параметры стимула не меняются. Например, фигуры, образующие последовательность, всегда имеют один и тот же цвет [3; 4]. Несвязанная (некоррелированная) последовательность соединяет две последовательности разной размерности.

Основным эмпирическим индикатором ИН в данной экспериментальной парадигме является уменьшение времени реакции (ВР) при решении задач, а также возрастание ВР в том случае, когда последовательность «ломается».

В настоящее время предметом дискуссии является возможность одновременного усвоения разных последовательностей в процессе ИН. По существу, речь идёт о том, может ли человек неосознанно усваивать несколько закономерностей при восприятии информации [4 – 7]. Для корректной проверки такой возможности необходимо использовать несвязанную последовательность и ставить под контроль фактор моторного научения.

Могут ли имплицитно усваиваться несколько последовательностей?

Ниже описаны эксперименты с использованием последовательности, в которой параметры стимулов («направление стрелки» и «цвет») были нескоррелированы. Кроме этого, экспериментальные условия были созданы таким образом, что исключалась возможность объяснения результатов эффектом моторного научения.

Эксперимент 1. В процедуре проверялись следующие гипотезы: 1) Испытуемые способны имплицитно усваивать две независимые перцептивные последовательности. 2) Изменение irrelevantной последовательности приведет к задержке ВР на целевой параметр стимуляции.

Метод. Использовались задачи «Double-dimension serial reaction task», в которых испытуемые должны реагировать на один из двух параметров стимула. В эксперименте приняли участие 50 человек (средний возраст – 21 год). Испытуемые были случайным образом распределены на две экспериментальные группы (ЭГ1 и ЭГ2) по 25 человек в каждой.

Стимулами служили 4 стрелки («вверх», «вниз», «вправо», «влево»), окрашенные в 4 цвета («синий», «зеленый», «желтый», «красный»). Использовался компьютер с диагональю монитора 13,3 дюйма. Стимулы демонстрировались пооче-

редно в центре экрана. Для введения ответа требовалось нажать определенную клавишу. Испытуемому по инструкции необходимо было реагировать только на направление стрелки. Сначала проводилась тренировочная серия из 20 стимулов. Затем испытуемые переходили к выполнению основного задания, состоявшего из 12 блоков. Блок включал в себя 75 предъявлений. После каждого блока следовала пауза в 15 секунд. Оба параметра первых трех стимулов во всех блоках устанавливались случайным образом. Во всех блоках (кроме 9 и 12), начиная с четвертого предъявления, порядок чередования параметров стимуляции определялся двумя правилами: (1) последовательность стрелок включает 9 элементов: 1) 4) 1) 3) 2) 4) 3) 1) 2), где 1) →, 2) ←, 3) ↑, 4) ↓; (2) последовательность цвета включает 8 элементов: 3) 2) 1) 2) 4) 3) 4) 1), где 1) «синий», 2) «зеленый», 3) «желтый» и 4) «красный». В 9-ом блоке условия в группах отличались: в ЭГ1 направление стрелок менялось случайно, а цвет согласно правилу (2); в ЭГ2 направление стрелок менялось в соответствии с правилом (1), а цвет, – случайно. В 12-ом блоке в обеих группах цвет и направление стрелок менялись в случайном порядке.

В конце процедуры испытуемые проходили тест на генерацию. Предъявлялись 11 стимулов, после чего испытуемых просили продолжить серию. Половина испытуемых из каждой группы сначала называли направление стрелок (9 проб), потом название цвета (8 проб). Другая половина испытуемых сначала называла цвет стрелок, потом, – направление. После каждой пробы демонстрировалась обратная связь, информирующая о правильности ответа.

Результаты. Из общего массива данных были удалены первые 12 реакций в каждом блоке, ошибочные реакции (4,29%) и данные испытуемых (14 испытуемых из ЭГ1 и 16 испытуемых из ЭГ2), показавших в задаче генерации более 33,3% (уровень случайного угадывания) правильных ответов. Для обработки остальных данных использовались смешанные линейные модели. В качестве показателя усвоения последовательностей выступало изменение ВР. Анализ был выполнен на языке R [8] в среде RStudio [9]. Сравнивались результаты выполнения 1 и 8, 8 и 9, 11 и 12 блоков. Первое сравнение показало, что обе группы значительно сократили ВР в 8 блоке: ВР ЭГ1 – 439,7 мс. в 1 блоке и 405,4 мс. в 8 блоке ($t=5,385$; $p=0,000$); ВР ЭГ2 – 481,2 мс. в 1 блоке и 428,9 мс. в 8 блоке ($t=7,323$; $p=0,000$). Сравнение ВР в 8 и 9 блоках выявило значимые изменения только в ЭГ1 – 405,4

мс. в 8 блоке и 470,3 мс. в 9 блоке ($t=9,638$; $p=0,000$). ЭГ2 показала одинаковое ВР в 8 и 9 блоках. Сравнение 11 и 12 блоков показало значимое увеличение ВР реакции в обеих группах: ВР ЭГ1 – 377,2 мс. в 11 блоке и 447,8 мс. в 12 блоке ($t=10,941$; $p=0,000$); ВР ЭГ2 – 424,8 мс. в 11 блоке и 504,7 мс. в 12 блоке ($t=11,100$; $p=0,000$). Обнаруженные эффекты свидетельствуют об усвоении последовательности, организованной из чередования целевого (релевантного инструкции) параметра стимула («направление стрелок»). При этом изменение последовательности цвета не отразилось на выполнении инструкции. Т.е., результаты не могут свидетельствовать о том, что последовательность цвета также была усвоена. Но, вместе с тем, нет оснований утверждать, что она не была имплицитно выучена. Мы предположили, что эффект усвоения последовательности иррелевантного параметра можно обнаружить, если в ходе процедуры изменить задачу, сделав иррелевантный параметр стимулов целевым. Эта гипотеза проверялась в Эксперименте 2.

Эксперимент 2. Использовались задачи «Double-dimension serial reaction task». В процедуре приняли участие 62 человека (средний возраст – 23 года). Испытуемые были случайным образом распределены на две группы (ЭГ1 и ЭГ2) по 31 человеку в каждой. Стимулы были те же, что использовались в Эксперименте 1. Процедура отличалась от процедуры Эксперимента 1 тремя условиями: 1) с 1 по 8 блок в ЭГ1 направление стрелок и цвет определялись теми же правилами, которые использовались в Эксперименте 1. В ЭГ2 направ-

ление стрелок устанавливалось правилом, а цвет менялся случайно. 2) В 9 блоке в ЭГ1 цвет менялся согласно правилу, а направление стрелок менялось в случайном порядке. В ЭГ2 оба параметра (цвет и направление) менялись случайно. 3) С 10 блока в обеих группах менялась целевая задача: испытуемым требовалось реагировать не на направление стрелки, а на ее цвет. С 10 по 12 блок в обеих группах цвет и направление стрелок чередовались согласно заданным правилам.

Результаты. Из общего массива данных были удалены первые 12 реакций в каждом блоке, ошибочные реакции (2,44%) и данные испытуемых (16 испытуемых из ЭГ1 и 13 испытуемых из ЭГ2), показавших в задаче генерации более 33,3% правильных ответов. Сравнение результатов первой части процедуры показало, что обе группы значительно сократили ВР с 1 по 8 блок. ВР ЭГ1 – 583,6 мс. в 1 блоке и 513,2 мс. в 8 блоке ($t=11,438$; $p=0,000$); ВР ЭГ2 – 564,5 мс. в 1 блоке и 488,7 мс. в 8 блоке ($t=13,497$; $p=0,000$). В 9 блоке ВР в обеих группах значительно выросло: ВР ЭГ1 – 513,2 мс. в 8 блоке и 596,4 мс. в 9 блоке ($t=11,855$; $p=0,000$); ВР ЭГ2 – 488,7 мс. в 8 блоке и 556,5 мс. в 9 блоке ($t=10,590$; $p=0,000$).

Сравнение результатов второй части процедуры показало, что динамика сокращения ВР при выполнении задания реагирования на цвет стимулов в ЭГ1 значительно выше, чем в ЭГ2: ВР ЭГ1 – 769,1 мс. в 10 блоке и 698,1 мс. в 12 блоке; ВР ЭГ2 – 680,8 мс. в 10 блоке и 639,9 мс. в 12 блоке ($p=0,001$).

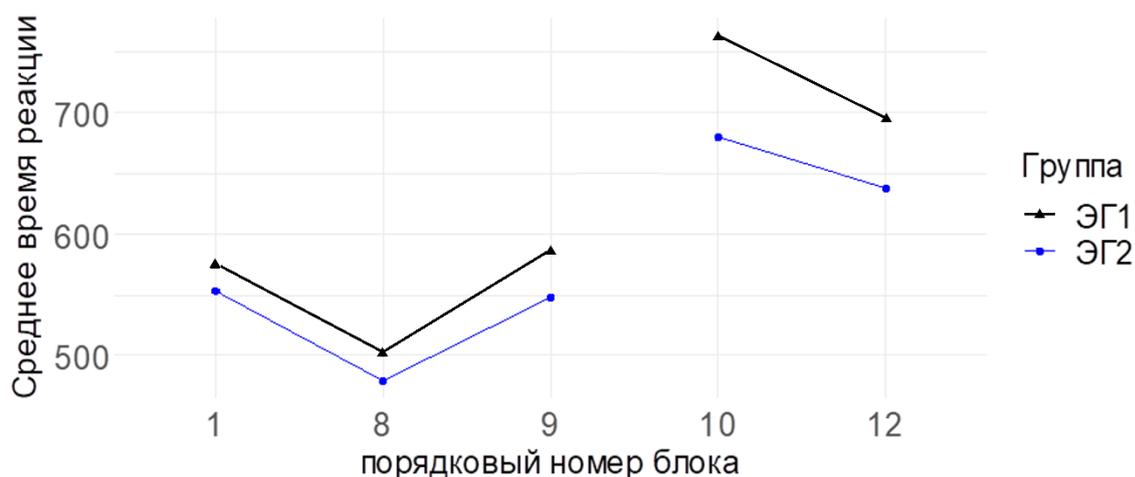


Рис.1 Среднее время реакции испытуемых ЭГ1 и ЭГ2 (The average reaction time of the subjects EG1 and EG2)

Сокращение ВР с 1 по 8 блок и увеличение ВР в 9 блоке, можно рассматривать как свидетельство ИН, то есть неосознанного усвоения закономерности, определяющей порядок чередования на-

правления стрелок. В свою очередь, результаты выполнения второй части объясняются тем, что испытуемые ЭГ1 использовали неосознанное знание последовательности цвета, приобретенное

ранее, так как динамика сокращения ВР от 10 к 12 блоку в ЭГ1 значимо отличается от динамики ВР в ЭГ2. Различия в динамике не наблюдались бы, если бы последовательность цвета в ЭГ1 не была усвоена.

Имплицитное выучивание последовательности временного типа организации. Значительно реже в экспериментальной практике используют последовательности временных интервалов [10]. Такие последовательности могут быть составлены либо из интервалов времени, в течение которых происходили события (действовал стимул), либо из интервалов времени между событиями (стимулами). В экспериментах Ж. Шин и Р. Иври было обнаружено, что последовательность незаполненных интервалов времени неосознанно усваивается при условии, когда она связана с фиксированным порядком локализации стимульных воздействий, разделяющих эти интервалы [11]. Однако авторы своим исследованием не отвечают на вопрос: может ли имплицитно усваиваться последовательность интервалов времени в том случае, когда она не связана ни с локализацией, ни с перцептивной последовательностью.

В проведенном нами эксперименте применялась последовательность интервалов времени при отсутствии последовательности стимулов и закономерности в смене локализации.

Эксперимент 3. В эксперименте приняли участие 29 испытуемых (средний возраст – 36 лет). Процедура состояла в следующем. В центре экрана монитора с диагональю 70 см. в случайном порядке предъявлялись числа (от 10 до 99) черного цвета на сером фоне. Участники эксперимента должны были реагировать нажатием клавиши «→» при экспозиции четного числа и нажатием клавиши «←» при появлении нечетного числа. Числа демонстрировались через следующие временные интервалы: 1600 мс – 800 мс – 3200 мс – 2400 мс. Отсчет интервалов времени производился компьютерной программой от каждой моторной реакции на предъявленное число до экспозиции следующего числа. На первом этапе процедуры последовательность повторялась 30 раз (120 предъявлений). Сразу после этого следовал второй этап: демонстрировались 32 стимула, но ин-

тервалы времени, разделяющие их, чередовались рандомно. Затем следовало постэкспериментальное интервью, в ходе которого проверялась возможность экспликации искомой последовательности.

Результаты. Для итогового анализа данных были выбраны те участники (18 человек), у которых было отмечено уменьшение ВР к концу первого этапа. В ходе обработки сравнивалось ВР в начале (2 – 32 реакции) и в конце (89 – 120 реакции) первого этапа. (Реакция на первый стимул была исключена из обработки). В свою очередь, ВР в конце первого этапа сравнивалось со ВР на втором этапе (121 – 152 реакции).

Для обработки использовались смешанные линейные модели. Смешанная модель была построена на языке R [8] в среде RStudio [9] с использованием пакета lme4 [12]. Значения р-уровня были получены с использованием аппроксимации числа степеней свободы по методу Саттертуэйта в пакете lmerTest [13].

Обработка результатов показала наличие значимых различий между ВР в начале первого этапа (реакции с 2 по 32) и ВР в конце этого этапа (с 89 по 120) ($t(90) = 3,01$; $p = 0,071$). Кроме этого, при сравнении результатов второго этапа и ВР в конце первого этапа получены значимые различия ($t(89,1) = 2,29$; $p = 0,024$). Таким образом, в отсутствие закономерности в чередовании временных интервалов ВР значимо возрастает. Это свидетельствует о том, что сокращение ВР к концу первого этапа вызвано научением. Результаты интервью показали, что ни один из 18 испытуемых не смог сказать, в чём состояла закономерность в смене межстимульных интервалов. Следовательно, можно утверждать, что установленный эффект научения является имплицитным.

Общее заключение. В ходе ИН могут неосознанно усваиваться две независимые друг от друга перцептивные последовательности.

Экспериментально показана возможность неосознанного усвоения последовательностей временного типа организации независимо от наличия закономерностей в порядке реагирования, локализации или структурной организации стимулов.

1. *Implicit learning: 50 Years On.* Edited by A. Cleeremans, V. Allakhverdov, M. Kuvaldina. London & New York: Routledge: Taylor & Francis Group, 2019. 262 p.
2. Cleeremans A., Destrebecqz A., Boyer M. Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Sciences*. 1998. Vol. 2. № 10. Pp. 406–416.
3. Huang H.X., Zhang J.X., Liu D.Z., Li Y.L., Wang P. Implicit Sequence Learning of Background and Goal Information Under Double Dimensions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 116. Pp. 2989 – 2993.

4. Агафонов А.Ю., Бурмистров С.Н., Козлов Д.Д., Крюкова А.П. ИмPLICITное выучивание комбинированных последовательностей // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 2. С. 340-353. (Agafonov A.Y., Burmistrov S.N., Kozlov D.D., Kryukova A.P. Implicitnoye vyuchivaniye kombinirovannyh posledovatel'nostey [Implicit Learning of Combined Sequences]. *Integratsiya obrazovaniya*. 2018. Vol. 22. № 2. Pp. 340 – 353.)
5. Gheysen F., Gevers W., Schutter E.D., Weavelde H.V., Fias W. Disentangling perceptual from motor implicit sequence learning with a serial color-matching task. *Experimental Brain Research*. 2009. Vol. 197. Pp. 163 – 174.
6. Mayr U. Spatial Attention and Implicit Sequence Learning: Evidence for Independent Learning of Spatial and Nonspatial Sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1996. Vol. 22, No. 2. Pp. 350 – 364.
7. Willingham D.B., Nissen M.J., Bullemer P. On the development of procedural knowledge. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. No. 6. Pp. 1047 – 1060.
8. R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: <https://www.R-project.org>
9. RStudio Team (2016). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA: <http://www.rstudio.com/>
10. Olson I.R., Chun M.M. Temporal Contextual Cuing of Visual Attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No. 5. Pp. 1299 – 1313.
11. Shin J., Ivry R. Concurrent learning of temporal and spatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 28. No 3. Pp. 445 – 457.
12. Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 2015. Vol. 67 № 1. Pp. 1 – 48.
13. Kuznetsova A., Brockhoff P., Christensen R. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*. 2017. Vol. 82 № 13. Pp. 1 – 26.

IMPLICIT LEARNING OF SEQUENCES WITH VARIOUS TYPES OF ORGANIZATION

© 2019 A.Yu. Agafonov, S.N. Burmistrov, Yu.E. Shilov, A.D. Fomicheva, G.A. Starostin

Andrey Yu. Agafonov, Dr.Sci. (Psychology), Professor, Head of the Department of General Psychology.

E-mail: aa181067@yandex.ru

Sergey N. Burmistrov, senior Lecturer of the Department of General Psychology. E-mail: burm33@mail.ru

Yuri E. Shilov, PhD (Psychology), Associate Professor of the Department of General Psychology.

E-mail: sheloves@samsu.ru

Arina D. Fomicheva, undergraduate student of the Faculty of Psychology. E-mail: fomar1999@mail.ru

Grigori A. Starostin, Post-Graduate Student of the Department of General Psychology.

E-mail: star.gregori@gmail.com

Samara National Research University. Samara, Russia

The article is addressed to one of the implicit learning phenomena – sequence learning. Unconscious memorization of sequences occurs when subjects many times perceive a set of different stimuli that alternate in a certain order. Currently researchers use different types of sequences: spatial, structural, chronometric, correlated and uncorrelated. The article characterizes these types and describes the procedures and results of experiments in which a combined uncorrelated sequences and a temporal sequence were used. We found the effect of implicit learning of two independent sequences with different dimensions. Also we discovered possibility of implicit learning of the time intervals sequence regardless of the motor, spatial or structural sequences.

Key words: cognitive activity, implicit learning, structural sequences, chronometric sequences, reaction time.