

Корнеев А.А., Курганский А.В. Влияние способа зрительного предъявления сложной траектории на временные параметры ее отсроченного двигательного воспроизведения



English version: [Korneev A.A., Kurgansky A.V. The impact of a mode of visual presentation of a complex trajectory on reaction time scores in delayed response task](#)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
Институт возрастной физиологии Российской академии образования, Москва, Россия

[Сведения об авторах](#)
[Литература](#)
[Ссылка для цитирования](#)

Анализировалось влияние двух способов зрительного предъявления последовательности графических движений – в виде статического рисунка и пошаговой прорисовки отдельных элементов серии на временные параметры двигательных ответов. В эксперименте участвовали 15 испытуемых (20–30 лет), задача которых состояла в том, чтобы запоминать последовательно предъявляемые на компьютерном дисплее плоские траектории (незамкнутые ломаные линии, состоящие из горизонтальных и вертикальных отрезков) и отсроченно воспроизводить их на графическом планшете. Обнаружено статистически значимое влияние способа предъявления серии и продолжительности удержания информации в рабочей памяти на временные параметры ее двигательного воспроизведения: латентное время, темп и длительность пауз. Полученные результаты указывают на качественное различие в характере исходной внутренней репрезентации серии движений при статическом и пошаговом способах предъявления. Способ зрительного предъявления, по-видимому, определяет тот специфический характер внутренней репрезентации, который в течение относительно длительного периода удержания в рабочей памяти активно преобразуется в независимую от характера исходной зрительной информации абстрактную форму.

Ключевые слова: латентное время, внутренняя репрезентация, серийный порядок, сенсорная память, рабочая память

Восприятие последовательностей событий, построение их внутренних репрезентаций и последующее двигательное воспроизведение составляют существенный момент целесообразной деятельности человека и поэтому являются предметом многочисленных экспериментальных исследований, выполненных как на вербальном, так и на зрительно-пространственном материале [Gmeindl et al., 2011; Depoorter, Vandierendonck, 2009; Jonides et al., 1996].

Отличительной чертой существующих моделей сохранения серийного порядка событий [Rhodes et al., 2004; Bullock, 2004; Botvinick, Plaut, 2006] является их статический характер – внутренняя репрезентация серии остается неизменной в течение всего времени ее удержания в рабочей памяти (РП).

Между тем по результатам наших исследований внутренняя репрезентация последовательности, по-видимому, претерпевает существенные изменения в течение первых трех секунд удержания ее в РП [Корнеев, Курганский, 2013]. Более того, как показывают полученные данные, существуют отличия в характере преобразований репрезентаций, построенных на основе сенсорной информации разной природы. В нашей предыдущей работе [Корнеев, Курганский, 2013] исследовалось воспроизведение последовательности графических элементов, предъявляемых различными способами. В качестве стимульного материала использовались ломаные незамкнутые траектории (рис. 1а). Эти траектории

предъявлялись в трех различных режимах: статическом (рисунок траектории движения) и двух динамических режимах – движущийся вдоль траектории курсор, либо оставляющий, либо не оставляющий следа (рис. 1б). Согласно полученным результатам статический и динамический способы предъявления информации различаются по временным параметрам двигательного ответа. В первую очередь это выражается в увеличенном времени реакции (RT – reaction time) при динамическом предъявлении стимулов. В то же время два динамических режима различаются между собой несущественно.

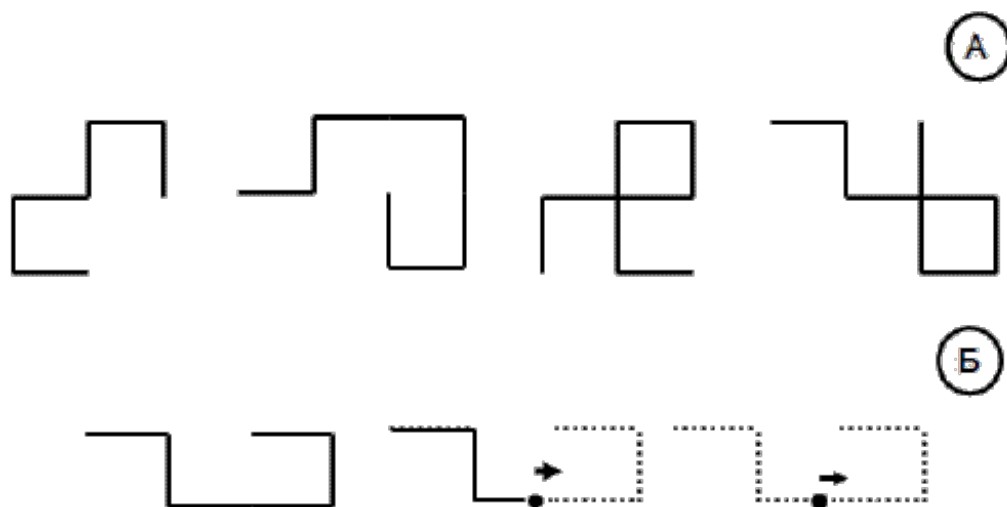


Рис. 1. (а) Примеры предъявляемых траекторий; (б) три режима предъявления: статический, динамический со следом и динамический без следа.

Кроме того, было показано, что более существенное, чем режим предъявления, влияние на изменение RT оказывает время удержания информации в РП. Это позволяет говорить о том, что внутренняя репрезентация последовательности претерпевает существенные изменения за время ее удержания в рабочей памяти. Оказалось также, что при увеличении времени удержания информации в РП сокращение латентного времени (RT) отсроченного выполнения последовательности происходит по разным законам для статического и динамического режимов предъявления. Этот факт позволил предположить, что при малых постстимульных задержках (менее 3 с) характер внутренней репрезентации элементов последовательности зависит от вида входящей сенсорной информации.

Однако в описанном выше эксперименте не учитывалось влияние ряда факторов, которые в той или иной степени могли вносить вклад в наблюдаемые различия между статическим и динамическим режимами предъявления зрительной информации.

Во-первых, построение зрительного образа тесно связано с процессами активного восприятия, в которых существенную роль играют движения глаз [Ярбус, 1965; Лурия, 1969]. В то же время известно, что характер движения глаз различен при анализе статических зрительных сцен и при наблюдении движущихся объектов. Восприятие статических изображений сопровождается быстрыми, саккадическими движениями глаз, а при восприятии движущихся объектов присутствуют также и медленные прослеживающие движения [Rashbass, 1961; Orban de Xivry, Lefevre, 2007]. В статическом режиме испытуемый имеет возможность свободно разглядывать фигуру на протяжении всего времени предъявления, фиксируя взор на наиболее информативных ее участках (скорее всего, на углах и концах). В случае динамического предъявления фиксации взора связаны с движущимся курсором, и, поскольку средняя скорость движения курсора составляет в нашем эксперименте примерно 2 угловых градуса в секунду, вполне вероятно возникновение прослеживающих движений. Можно допустить, что различные способы восприятия информации при статическом и динамическом способах презентации стимулов могут внести свой вклад в характер выстраиваемых репрезентаций и, соответственно, повлиять на получаемые результаты.

Во-вторых, два режима не эквивалентны в отношении условий восприятия зрительной информации и времени, доступного для ее обработки и для синтеза образа всей траектории. В предшествующих экспериментах [Корнеев, Курганский, 2013] траектории предъявлялись в течение 3 секунд в обоих режимах. При предъявлении статического изображения информация о структуре всей траектории как целого была доступна в течение всего времени экспозиции. В динамическом режиме сенсорная информация о направлении и протяженности каждого из 6 элементов предъявлялась в течение $3000/6 = 500$ мс. При этом полная картина стимула могла сложиться не раньше момента окончания предъявления последнего, 6-го элемента. По мере движения курсора вдоль последовательных элементов траектории время их обработки сокращается. Так, сведения о параметрах первого элемента (направлении и длине) будут полностью доступны к 500-й мс, и на обработку этой информации до конца предъявления останется 2500 мс; для второго элемента это время составит уже 2000 мс и т.д. Эта особенность динамического предъявления также может повлиять на полученные в предыдущих исследованиях результаты.

Наконец, следует учесть, что динамическое предъявление стимулов задает и даже «навязывает» наблюдателю порядок выполнения серии движений, в то время как при восприятии статического изображения будущей серии испытуемый должен выполнить дополнительную когнитивную операцию – определить порядок выполнения элементов и назначить начальный и конечный сегменты траектории.

В рамках данной работы мы предприняли попытку оценить степень влияния перечисленных выше факторов на параметры пространственно-временной структуры двигательного воспроизведения траектории и характер изменения этих параметров при варьировании времени удержания внутренней репрезентации траектории в РП.

Влияние глазодвигательной активности в процессе восприятия и запоминания стимулов можно косвенно оценить, исключив возможность движений глаз в процессе предъявления зрительных стимулов. С этой целью используются приемы, связанные с инструкциями для испытуемых, в которых дается установка на фиксацию точки зрения [Gorgoraptis et al., 2011]. Однако такой методический прием имеет недостатки. Прежде всего, такая инструкция, по сути, приводит к возникновению дополнительной задачи удержания взгляда, что может повлиять на выполнение основной задачи.

Другая возможность исключить влияние глазодвигательной активности на восприятие и запоминание стимулов – это кратковременное предъявление стимульного материала. Известно, что минимальное время саккады составляет в среднем порядка 200–250 мс [Salthouse, Ellis, 1980; Yang, Bucci, Kapoula, 2002]. Соответственно, при времени предъявления порядка 200–300 мс испытуемый будет способен сделать максимум одно саккадическое движение. С другой стороны, этого времени вполне хватает, чтобы запомнить не слишком сложную траекторию: исследования показывают, что пространственные конфигурации, состоящие из 1–6 элементов, запоминаются достаточно эффективно за 200–250 мс [Bauss et al., 2011].

При столь кратком предъявлении, однако, невозможно реализовать динамический режим предъявления траекторий – движение курсора вдоль невидимой траектории. Вместо этого в нашем эксперименте был использован новый способ динамического предъявления траектории, который мы называем пошаговым. В этом режиме траектория предъявляется путем пошаговой прорисовки элементов ломаной с сохранением уже нарисованных сегментов на экране, при этом общее время прорисовки всей фигуры совпадает со временем экспозиции статического изображения траектории. При таком способе предъявления траектории сохраняются те побочные черты динамического способа, влияние которых на параметры двигательного воспроизведения призвана оценить настоящая работа. А именно: как и при динамическом предъявлении, вся информация о форме траектории становится доступна только к концу предъявления стимула, порядок предъявления сегментов подсказывает порядок их воспроизведения, и время перцептивной обработки элемента зависит от его порядкового номера.

Отметим, что в пошаговом режиме предъявления траектории из N сегментов в течение T мс время обработки k -го элемента задается простой формулой $t_k = kT/N$, откуда следует, что в этом режиме среднее время экспозиции одного сегмента составляет $T/2$. Последнее обстоятельство показывает, что, сравнивая параметры двигательного воспроизведения траекторий, предъявленных в статическом режиме

в течение времени T и в пошаговом режиме в течение времени $2T$, можно уравнивать эти два способа предъявления в отношении среднего времени экспозиции. Это позволит оценить совместное влияние двух факторов: наличие информации о порядке выполнения элементов последовательности и число саккад.

Исходя из вышеизложенного, в нашем эксперименте мы использовали два значения времени предъявления: 250 и 500 мс. При $T = 500$ мс у испытуемого появляется возможность совершить несколько саккадических движений в процессе предъявления стимулов, если исходить из типичной частоты саккад 2–3 Гц [Wu, Kowler, 2013; Барабанщиков, Жегалло, 2011].

Таким образом, задача настоящей работы состояла в том, чтобы выполнить сравнительный анализ пространственно-временных параметров воспроизведения серии графических движений (латентное время, скорость движений, длина пауз между элементами серии и количество допускаемых ошибок) при статическом и пошаговом кратковременном предъявлении траектории.

Методы

Выборка

В эксперименте участвовали 15 испытуемых (возраст испытуемых – 20–30 лет), проинформированных о задачах и характере предстоящей экспериментальной процедуры и выразивших согласие на участие в исследовании. Все испытуемые были практически здоровы, характеризовались предпочтением правой руки (по самоотчету), а также нормальным (или скорректированным) зрением.

Схема исследования

Задача испытуемого состояла в том, чтобы запоминать последовательно предъявляемые на компьютерном дисплее плоские траектории и воспроизводить их на графическом планшете. Траектории представляли собой незамкнутые ломаные линии, состоящие из горизонтальных и вертикальных отрезков стандартной (около 2 см), удвоенной или утроенной стандартной длины и допускающие не более одного самопересечения.

В эксперименте использовался набор из 64 различных траекторий, состоящих из 6 сегментов. Этот набор был получен из 8 базовых траекторий, половина из которых не имела самопересечения, а половина характеризовалась одним самопересечением. За счет вращения на 90° , 180° и 270° и зеркального отражения относительно вертикальной оси были получены производные траектории. Поскольку ни одна из базовых фигур не имела ни вращательной, ни зеркальной симметрии, был получен набор из 64 различных траекторий. Примеры траекторий приведены на рис. 1а.

Для предъявления стимулов использовался дисплей с диагональю 40 см и частотой кадровой развертки 60 Гц. Движения записывались с помощью графического планшета (Wacom Intuos3, формат A5).

Проба состояла из предъявления фиксационной точки (в течение 1000 мс), затем демонстрировался стимул в течение 500 или 250 мс. После этого с варьируемой от 0 до 3000 мс задержкой подавался короткий звуковой императивный сигнал (go signal), после которого испытуемый начинал воспроизведение траектории.

В процессе воспроизведения испытуемым траектории регистрировались горизонтальная $x(t)$ и вертикальная $y(t)$ координаты кончика электромагнитного пера, а также давление $p(t)$, оказываемое им на рабочую поверхность планшета. Эти параметры использовались при дальнейшем анализе полученных данных.

Траектории предъявлялись в двух различных режимах: статическом и пошаговом. В статическом режиме вся траектория мгновенно появлялась на экране и оставалась на нем в течение всего времени экспозиции T (500 или 250 мс). В пошаговом режиме сегменты траектории прорисовывались

последовательно с постоянным темпом от первого до шестого элемента так, что только к моменту окончания времени экспозиции на экране появлялась вся траектория целиком.

При организации эксперимента был использован 2x2x4 внутрииндивидуальный дизайн экспериментальной схемы, в котором варьируемыми факторами служили режим предъявления траектории (статический, пошаговый), время предъявления (500 и 250 мс) и время удержания в рабочей памяти (0, 500, 1000 и 3000 мс). Сессия эксперимента состояла из двух блоков по 128 проб в каждом. В первом блоке время предъявления траектории было 500 мс, во втором – 250 мс. Каждый блок состоял из 128 проб, каждая из 64 траекторий предъявлялась по 2 раза, в статическом и пошаговом режимах. Каждый из вариантов времени задержки воспроизведения (0, 500, 1000 и 3000 мс) использовался 32 раза внутри каждого блока. Порядок проб, режимы предъявления и время задержки менялись в случайном порядке, индивидуально для каждого испытуемого.

Испытуемых просили начинать воспроизведение запомненной траектории как можно быстрее после разрешающего сигнала (короткий гудок) и как можно быстрее выполнять движение, не исправляя ошибок, если они допущены. Особо подчеркивалось, что даже если испытуемый не уверен, правильно ли он запомнил траекторию, он, тем не менее, должен воспроизвести ее так, как запомнил.

Методы анализа данных

Записанные траектории движений – зависимости координат кончика электромагнитного пера планшета от времени – использовались для определения латентного времени (*reaction time, RT*) воспроизведения траектории, средней длительности движения (*moving time, MT*) вдоль одного сегмента траектории и длительности промежуточных остановок в углах траектории (*dwelling time, DT*). Процедуры вычисления этих величин подробно описаны в нашей предыдущей работе [Корнеев, Курганский, 2013].

Также было подсчитано число ошибок, допущенное испытуемыми в каждом из экспериментальных условий. Подсчет проводился на основании визуального сопоставления воспроизведенной траектории с образцом, для каждого испытуемого определялось число ошибок. К ошибкам воспроизведения траектории относили: неправильное число сегментов (усложнение или упрощение); значительное, затрудняющее узнавание фигуры, искажение при правильном числе сегментов; пространственные искажения, в результате которых вся траектория или отдельные ее элементы отражаются относительно горизонтальной или вертикальной оси.

Результаты

На рисунке 2 изображено изменение основных динамических параметров выполнения проб: латентный период (RT, рис. 2а), время движения вдоль одного сегмента (MT, рис. 2б) и длительность промежуточных остановок в углах траектории (DT, рис. 2в). Эти показатели были подвергнуты дисперсионному анализу (rmANOVA) с внутрииндивидуальными факторами ВРЕМЯ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ (250 и 500 мс), РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ (статический, пошаговый) и ЗАДЕРЖКА (0, 500, 1000 и 3000 мс).

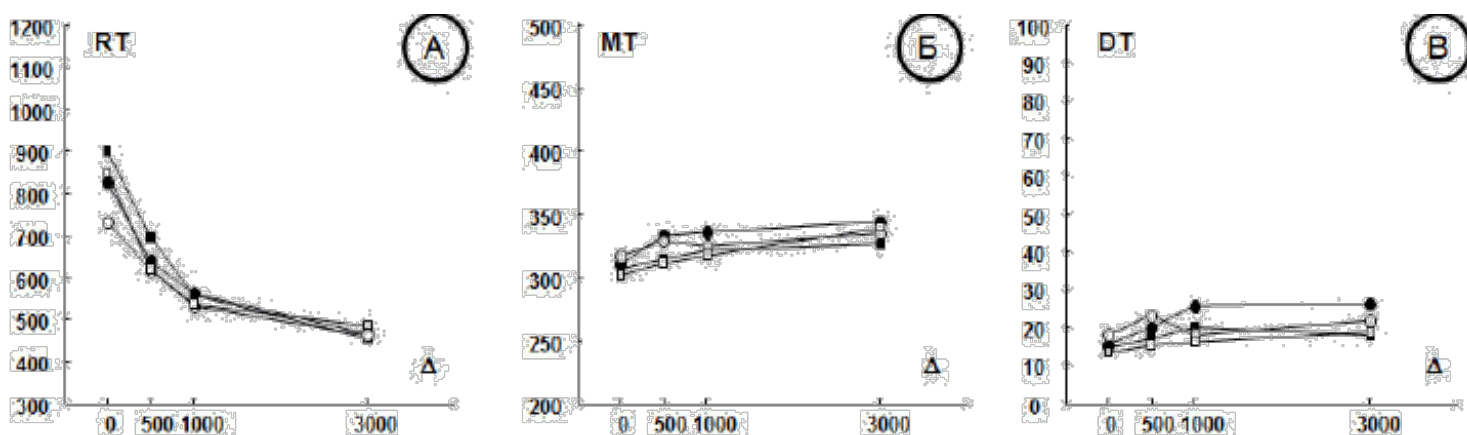


Рис. 2. Зависимости усредненных по группе испытуемых временных параметров RT (А), MT (Б) и DT (В) от величины задержки Δ предъявления в течение 500 мс (незакрашенные круги и квадраты) и 250 мс (закрашенные круги и квадраты) в двух режимах предъявления: статическом (круги) и динамическом (квадраты). Величина задержки Δ и значения параметров даны в миллисекундах.

Обнаружено, что фактор ВРЕМЯ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ не оказывает значимого влияния ни на один из оцениваемых параметров ($F(1,14) = 3,092, p = 0,101, F(1,14) = 0,097, p = 0,760$ и $F(1,14) = 0,592, p = 0,455$ для RT, MT и DT соответственно). Фактор РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ, напротив, оказывает влияние на все временные параметры воспроизведения траектории: $F(1,14) = 15,981, p = 0,001$ для RT, $F(1,14) = 28,066, p < 0,001$ для MT и $F(1,14) = 8,521, p = 0,011$ для DT. Фактор ЗАДЕРЖКА также значимо влияет и на RT ($F(1,14) = 52,270, p < 0,001$), и на MT ($F(1,14) = 20,874, p < 0,001$), и на DT ($F(1,14) = 9,132, p = 0,002$). Для параметра RT значимым оказалось также взаимодействие факторов РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ и ЗАДЕРЖКА ($F(3,12) = 5,753, p = 0,011$). Все другие эффекты не достигали уровня значимости.

На рис. 3 показано среднее число ошибок при статическом и пошаговом предъявлении в течение 250 и 500 мс. Для проверки статистической значимости различий количества допускаемых ошибок в различных экспериментальных условиях был проведен дисперсионный анализ для повторных измерений с тремя внутрииндивидуальными факторами – ВРЕМЯ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ (250 и 500 мс), РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ (статический, пошаговый) и ЗАДЕРЖКА (0, 500, 1000 и 3000 мс). Он показал значимое влияние фактора РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ ($F(1,14) = 4,888, p = 0,044$). Как видно из рисунка 3, в целом в режиме статического предъявления испытуемые допускают меньше ошибок по сравнению с пошаговым. Также значимым оказалось взаимодействие факторов РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ и ЗАДЕРЖКА ($F(3,12) = 4,400, p = 0,026$). Количество допускаемых испытуемыми ошибок при динамическом предъявлении уменьшается по мере увеличения времени задержки начала воспроизведения траектории. В статическом режиме, наоборот, количество ошибок увеличивается при увеличении времени задержки ответа.

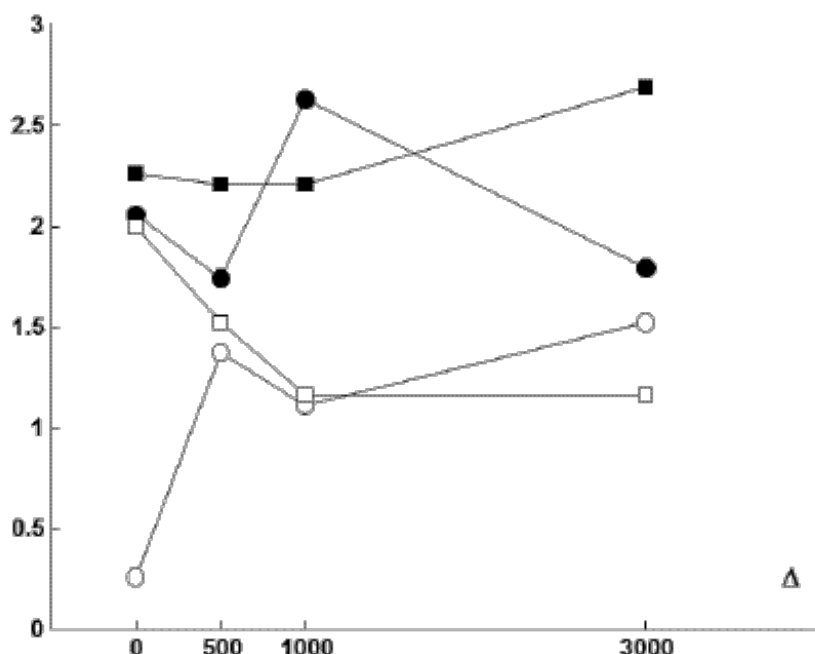


Рис. 3. Зависимости усредненного по группе испытуемых количества ошибок от величины задержки Δ предъявления в течение 500 мс (незакрашенные круги и квадраты) и 250 мс (закрашенные круги и квадраты) в двух режимах предъявления: статическом (круги) и динамическом (квадраты). Величина задержки Δ дана в миллисекундах.

Обсуждение результатов

Полученный в настоящем эксперименте характер зависимости RT от времени удержания репрезентации в РП хорошо согласуется с результатами предыдущего исследования [Корнеев, Курганский, 2013]. Если сопоставить скорость ответов испытуемых при статическом предъявлении траекторий в течение 250 мс (в данном эксперименте) и 3000 мс (в предыдущем исследовании), то можно отметить следующее. В случае немедленного воспроизведения ($\Delta = 0$ мс) при времени экспозиции 250 мс среднее время реакции составляет $824 \pm 50,3$ мс (здесь и далее указана стандартная ошибка среднего), а при 3000 мс – $751 \pm 53,3$ мс. При максимальной задержке ($\Delta = 3000$ мс) среднее время ответа при времени предъявления в 250 мс составило $467 \pm 33,5$, а при 3000 мс – $477 \pm 44,6$ мс. Таким образом, можно утверждать, что значительное сокращение времени экспозиции стимулов не приводит к заметному изменению времени реакции, отражающему процессы преобразования внутренней репрезентации предстоящего движения. При предъявлении статических стимулов в течение 500 мс RT составило $473 \pm 46,7$ мс при $\Delta = 0$ и $462 \pm 29,4$ мс при $\Delta = 3000$ мс задержке ответа, то есть даже меньше, чем при длительном предъявлении. Соответственно, время статического предъявления траектории, по крайней мере в широком диапазоне от 250 до 3000 мс, не оказывает существенного влияния на латентное время ее двигательного воспроизведения. Если учесть к тому же, что за 250 мс, как обсуждалось выше, глазодвигательная активность не успевает развиться, то из приведенных выше сопоставлений можно сделать вывод о том, что при статическом предъявлении траекторий глазодвигательная активность (если она присутствует) не влияет на характер зависимости RT(Δ).

Этот вывод подтверждается отсутствием в настоящем эксперименте значимого влияния фактора ВРЕМЯ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ на все измеренные временные параметры двигательных ответов испытуемых. Дополнительная возможность совершить несколько саккадических движений при более длительной экспозиции 500 мс не приводит к изменениям в двигательном ответе. О незначительном влиянии движений глаз свидетельствуют также следующие соображения. При пошаговом кратковременном (250 мс) предъявлении стимулов, как и при длительном (3000 мс) динамическом, RT оказывается большим, чем при статическом. Кроме того, в настоящем эксперименте значимым оказалось взаимодействие факторов РЕЖИМ и ЗАДЕРЖКА, что также соответствует результатам работы [Корнеев, Курганский, 2013], где аналогичное взаимодействие связано с более быстрым убыванием RT в зависимости от времени задержки при динамическом предъявлении по сравнению со статическим. Схожесть результатов, полученных в этих двух экспериментах, показывает, что движения глаз не меняют качественного характера зависимости RT(Δ) от экспериментальных факторов.

Характер внутренней репрезентации проявляется не только в длительности латентных процессов, но и в пространственно-временной структуре выполнения серии. Полученные данные показывают, что длительность стимуляции, по-видимому, не оказывает заметного влияния на МТ: время выполнения одного элемента при кратковременном предъявлении (250 мс) стимулов составляет 310–350 мс, а при длительном (3000 мс) предъявлении – 350–370 мс. Значения параметра DT при кратковременном и долговременном предъявлении также различаются незначительно (15–26 мс и 16–21 мс соответственно).

Отметим, что в отличие от полученных в предыдущих экспериментах результатов в настоящей работе было обнаружено значимое влияние фактора ЗАДЕРЖКА как на время движения МТ вдоль сегмента траектории, так и на длительность паузы DT между последовательными движениями. Чувствительность параметров временной структуры отсроченно выполняемых движений к времени задержки Δ свидетельствует, по всей видимости, о наличии процессов текущего программирования [Alouche et al., 2012], то есть преобразования внутренней репрезентации в моторную форму по ходу выполнения серии движений. Более того, возрастающий характер зависимостей МТ(Δ) и DT(Δ) наряду с убывающим характером функции RT(Δ) свидетельствует об увеличении роли текущего программирования с одновременным снижением роли предварительного программирования.

В нашей предыдущей работе [Корнеев, Курганский, 2013] различия между динамическим и статическим режимами предъявления зрительной информации о траектории движения проявлялись в параметрах RT и МТ, что было отнесено на счет различий в характере исходной сенсорной информации. В настоящем исследовании фактор пошагового и статического способов предъявления траектории также оказал

значимые влияние на RT, MT и DT. Означает ли это, что пошаговый режим можно уподобить динамическому? Для ответа на этот вопрос следует учесть, что среднее время экспозиции элемента траектории в пошаговом режиме в два раза меньше, чем в статическом. Для пошагового предъявления траектории в течение 250 мс это время составляет всего 125 мс. Для того чтобы проверить, нельзя ли объяснить влияние способа предъявления различием во времени обработки зрительной информации в статическом и пошаговом режимах, мы уравнивали среднее время экспозиции сегмента и сравнили RT, MT и DT при времени предъявления 250 мс в статическом режиме и 500 мс в пошаговом режиме. Для этого для каждой из величин RT, MT и DT был выполнен дополнительный дисперсионный анализ с повторными измерениями, в котором факторами были ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ и РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ. Результаты этого анализа показали значимое влияние фактора ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ на RT, MT и DT ($F(3,12) = 41,935$, $p < 0,001$; $F(3,12) = 10,419$, $p = 0,001$ и $F(3,12) = 4,141$, $p = 0,031$ соответственно). Фактор РЕЖИМ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ не оказывает значимого влияния на RT и MT ($F(1,14) = 0,001$, $p = 0,968$ и $F(1,14) = 4,289$, $p = 0,057$ соответственно), но значимо влияет на DT ($F(1,14) = 8,739$, $p = 0,01$). Этот дополнительный анализ показал, что удвоение времени пошаговой экспозиции стимулов по сравнению со статическим предъявлением приводит к частичной компенсации влияния способа предъявления – к исчезновению различий во времени реакции и средней длительности выполнения элемента.

Полученные результаты означают следующее. Во-первых, можно, по-видимому, ожидать влияния времени предъявления на временные параметры воспроизведения траектории в случае достаточно короткой экспозиции. Следует оговориться, что этот вывод получен косвенным методом и нуждается в прямом экспериментальном подтверждении. Во-вторых, эти результаты говорят об отсутствии существенного влияния движений глаз, возникновение которых вполне возможно при предъявлении траектории в пошаговом режиме в течение 500 мс. Кроме того, они указывают на то, что операция определения порядка элементов, требующаяся при статическом способе предъявления траектории, занимает на удивление мало времени. В-третьих, полученная компенсация различий возможна в том случае, когда характер зависимости RT от времени задержки ответа близки в пошаговом и статическом режимах предъявления траектории. Важно подчеркнуть, что такого совмещения кривых RT(Δ) невозможно достичь в случае долговременного (3000 мс) динамического и статического предъявления, поскольку для этих двух режимов предъявления уменьшение RT с ростом Δ происходит по экспоненциальным законам с различной постоянной затухания [Корнеев, Курганский, 2013].

Из сопоставления пошагового и динамического способов предъявления траектории в общем следует, что статический и пошаговый способы предъявления зрительной информации о последовательности движений приводят к построению сходных ее внутренних репрезентаций в РП. Следует, однако, учесть, что компенсация не является полной: параметр DT в пошаговом режиме предъявления значимо отличается от такового в статическом режиме. Кроме того, успешность запоминания и воспроизведения испытуемыми, о которой мы судили по среднему числу ошибок, оказалась значимо ниже при пошаговом предъявлении по сравнению со статическим. Это различие аналогично различию между динамическим и статическим предъявлением, обнаруженным в работе [Корнеев, Курганский, 2013], где длительному (3000 мс) динамическому предъявлению стимулов соответствовало существенно большее количество ошибок, чем предъявлению статическому.

Заключение

В целом полученные в настоящем исследовании результаты подтверждают идею, что удержание информации в рабочей памяти представляет собой активный процесс преобразования исходной зрительной информации. Этот процесс находит свое отражение в характерном уменьшении времени реакции при увеличении времени удержания информации в рабочей памяти, причем варьирование времени статического предъявления стимулов в широких пределах от 250 до 3000 мс практически не влияет на эту зависимость. Поскольку с варьированием времени предъявления сопряжено возможное число фиксации взора, то и этот фактор, видимо, не оказывает существенного влияния. Даже полное исключение возможности активного разглядывания стимула лишь незначительно меняет временные параметры последовательности движений, воспроизводящих траекторию.

Незначительное влияние времени зрительного предъявления и активного рассматривания на временные параметры воспроизведения траектории, представляющей последовательность сегментов, подтверждают высказанную в работе [Корнеев, Курганский, 2013] гипотезу о том, что различия во временных параметрах воспроизведения траекторий, заданных динамически и статически, связаны с характером исходной сенсорной информации.

Таким образом, именно способ зрительного предъявления последовательности определяет тот специфический характер ее внутренней репрезентации, который в течение относительно длительного периода удержания в рабочей памяти активно преобразуется и по истечении 3 секунд переходит в независимую от характера исходной зрительной информации абстрактную форму.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 12-06-00327.

Литература

Барабанщиков В.А., Жегалло А.В. Методы регистрации движений глаз: теория и практика. Психологическая наука и образование, 2010, No. 5, 240–254.

Корнеев А.А., Курганский А.В. Внутренняя репрезентация серии движений при воспроизведении статического рисунка и траектории движущегося объекта. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П.Павлова, 2013, 63(4), 437–450.

Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. М., 1969.

Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965.

Alouche S.R., Sant'Anna G.N., Biagioni G., Ribeiro-do-Valle L.E. Influence of cueing on the preparation and execution of untrained and trained complex motor responses. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 2012, 45(5), 425–435.

Bays P.M., Gorgoraptis N., Wee N., Marshall L., Husain M. Temporal dynamics of encoding, storage, and reallocation of visual working memory. Journal of Vision, 2011, 11(10), 6.

Botvinick M.M., Plaut D.C. Short-term memory for serial order: a recurrent neural network model. Psychological review, 2006, 113(2), 201–233.

Bullock D. Adaptive neural models of queuing and timing in fluent action. Trends of Cognitive Science, 2004, 8(9), 426–433.

Depoorter A., Vandierendonck A. Evidence for modality-independent order coding in working memory. The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 2009, 62(3), 531–549.

Gmeindl L., Walsh M., Courtney S.M. Binding serial order to representations in working memory: a spatial/verbal dissociation. Memory and cognition, 2011, 39(1), 37–46.

Gorgoraptis N., Catalao R.F.G., Bays P.M., Husain M. Dynamic updating of working memory resources for visual objects. Human movement science, 2004, 23(5), 699–746.

Jonides J., Reuter-Lorenz P.A., Smith E.E., Awh E., Barnes L.L., Drain H.M. et al. Verbal and spatial working memory. In: D.Medin (Ed.), Psychology of learning and motivation. San Diego: Academic Press. pp. 43–83.

Orban de Xivry J.J., Lefevre P. Saccades and pursuit: two outcomes of a single sensorimotor process. The Journal of Physiology, 2007, 584(1), 11–23.

Rashbass C. The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements. The Journal of

Physiology, 1961, 159(2), 326–338.

Rhodes B.J., Bullock D., Verwey W.B., Averbeck B.B., Page M.P.A. Learning and production of movement sequences: Behavioral, neurophysiological, and modeling perspectives. Human movement science, 2004, 23(5), 699–746.

Salthouse T.A., Ellis C.L. Determinants of eye-fixation duration. The American journal of psychology, 1980, 93(2), 207–234.

Wu C.C., Kowler E. Timing of saccadic eye movements during visual search for multiple targets. Journal of vision, 2013, 13(11), 1–21.

Yang Q., Bucci M.P., Kapoula Z. The latency of saccades, vergence, and combined eye movements in children and in adults. Investigative ophthalmology and visual science, 2002, 43(9), 2939–2949.

Поступила в редакцию 21 мая 2014 г. Дата публикации: 30 октября 2014 г.

[Сведения об авторах](#)

Корнеев Алексей Андреевич. Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория нейропсихологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, ул. Моховая, д. 11, стр. 9, 125009 Москва, Россия; старший научный сотрудник, лаборатория нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии, Российская академия наук, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, 119121, Москва, Россия.
E-mail: korneeff@gmail.com

Курганский Андрей Васильевич. Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии, Российская академия наук, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, 119121, Москва, Россия
E-mail: akurg@yandex.ru

[Ссылка для цитирования](#)

Стиль psystudy.ru

Корнеев А.А., Курганский А.В. Влияние способа зрительного предъявления сложной траектории на временные параметры ее отсроченного двигательного воспроизведения. Психологические исследования, 2014, 7(37), 11. <http://psystudy.ru>

Стиль ГОСТ

Корнеев А.А., Курганский А.В. Влияние способа зрительного предъявления сложной траектории на временные параметры ее отсроченного двигательного воспроизведения // Психологические исследования. 2014. Т. 7, № 37. С. 11. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: чч.мм.гггг).
[Описание соответствует ГОСТ Р 7.0.5-2008 "Библиографическая ссылка". Дата обращения в формате "число-месяц-год = чч.мм.гггг" – дата, когда читатель обращался к документу и он был доступен.]

Адрес статьи: <http://psystudy.ru/index.php/num/2014v7n37/1045-korneev37.html>

[К началу страницы >>](#)