
Короткие сообщения

ОЦЕНКА АППАРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ В ХРОНОМЕТРИЧЕСКОМ ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.А. ТУРКОВСКИЙ, Б.И. БЕСПАЛОВ, А.В. ВАРТАНОВ,
А.А. КИСЕЛЬНИКОВ

Резюме

С помощью разработанной электронной установки (ЭЛУ) проведены измерения временной погрешности компьютерных программ и оборудования, используемых при проведении хронометрических психологических экспериментов. Тестировались четыре программы – Presentation, StimMake, VS/SiSubs, Тахистоскоп ТХ 4.01, а также ЭЛТ- и ЖК-мониторы с частотой обновления экрана 200, 120 и 60 Гц, USB-мышь с частотой опроса кнопок 1000 или 125 Гц и стандартная PS/2 клавиатура. В экспериментах вместо испытуемого на стимулы (белое поле на экране компьютера) реагировала ЭЛУ, имеющая практически нулевое (менее 1 мс) реальное время реакции на стимул ($BP_p = 0$), которое за счет аппаратурных задержек отличается от вычисляемого программой эксперимента времени реакции ($BP_v > 0$). Аппаратурные погрешности (средние и стандартные отклонения BP_v) зависят от используемых программ и в большей степени обусловлены характеристиками устройств вывода стимулов на экран, чем характеристиками устройств осуществления и регистрации ответа. Для первых трех программ, работающих под управлением ОС Windows, аппаратурные погрешности в зависимости от оборудования находятся в пределах от 24 до 94 мс (для средних BP_v) и в пределах от 2.7 до 15.4 мс (для дисперсии BP_v). Для программы ТХ 4.01, работающей под управлением MS DOS, средние и дисперсии BP_v равны 12 и 2.3 мс соответственно. Для уменьшения аппаратурной погрешности хронометрического эксперимента целесообразно использовать «геймерские» высокочастотные мониторы и мыши с фирменными драйверами. При использовании достаточно мощных компьютеров, работающих под управлением ОС Windows, подключение этого оборудования через USB-порт для хронометрических целей является приемлемым.

Ключевые слова: аппаратурная погрешность, хронометрический эксперимент, Presentation, StimMake, VS/SiSubs, Тахистоскоп ТХ 4.01.

В психологическом и психофизиологическом хронометрическом эксперименте для предъявления стимульного материала и регистрации времени реакции (ВР) испытуемого обычно используются программно-аппаратные средства на основе компьютеров под управлением ОС Windows разных версий или операционной системы MS DOS. Зрительные стимулы предъявляются с помощью разных видеокарт на дисплеях, имеющих разную частоту развертки экрана. Регистрация ВР осуществляется с помощью мыши или клавиатуры с разной частотой опроса. Кроме того, ОС Windows не является системой реального времени, и ее реакция на внешние сигналы плохо предсказуема, несмотря на высокие скорости работы современных процессоров. Еще одной важной проблемой является повсеместная ликвидация LPT-портов на современных компьютерах и массовое внедрение USB-интерфейсов для клавиатуры, мыши и других устройств регистрации реакции испытуемого. В среде психофизиков и психофизиологов до последнего времени было широко распространено мнение, что USB-устройства в силу своей технической схемы не годятся для регистрации времени реакции, в отличие от LPT-устройств, что, в купе с «вымиранием» LPT-порта, создает большие технические трудности. Это мнение необходимо было экспериментально проверить. Также проблемой является тотальное «вымирание» ЭЛТ-мониторов и внедрение ЖК-технологий со стандартной частотой обновления не более 60 Гц (хотя в последнее время появляются образцы с гораздо большей частотой

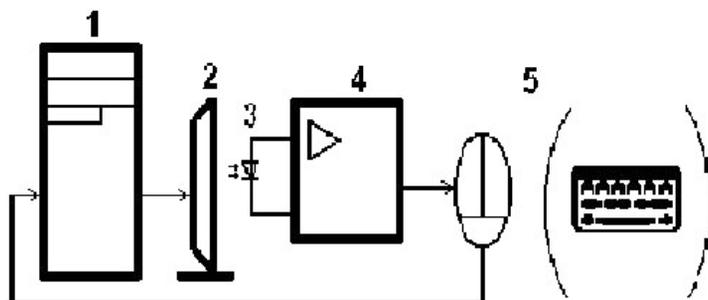
обновления экранов — для геймерской аудитории, до 144 Гц).

В связи с этим возникает необходимость оценить аппаратурную погрешность хронометрического эксперимента, т.е. величину дисперсии и среднюю задержку ВР испытуемого на тестовые стимулы, обусловленные применяемой аппаратурой и факторами, локализованными на стадии вывода стимулов на экран и на стадии регистрации момента нажатия на кнопку ответа. Для оценки величины этой погрешности, информация о которой интересна многим психологам, работающим в области экспериментальной психологии, была создана установка, схема которой изображена на рисунке 1.

Идея создания этой установки состояла в том, чтобы вместо испытуемого на стимул реагировала некая «идеальная» электронная установка, имеющая постоянное и практически нулевое (менее 1 мс) реальное время реакции на стимул ($ВР_p = 0$), которое за счет разных аппаратурных задержек отличается от вычисляемого программой эксперимента времени реакции установки на стимул ($ВР_v > 0$). Эта установка состоит из направленного на экран компьютера чувствительного фотодиода (3), который в момент t_1 — появление перед фотодиодом яркого экрана (стимула) — посылает сигнал на усилитель (4). На выходе усилителя стоит транзисторный ключ, подключенный параллельно микропереключателю клавиши мыши (5) и замыкающий ее при срабатывании фотодиода с постоянной задержкой менее 1 мс, т.е. практически в момент t_1 — реального показа стимула на экране.

Усилитель позволяет проводить регулировку порога срабатывания

Блок-схема устройства для оценивания аппаратной погрешности хронометрического эксперимента



1 — персональный компьютер, управляющий экспериментом; 2 — экран монитора для предъявления зрительных стимулов; 3 — чувствительный фотодиод; 4 — усилитель сигнала фотодиода и транзисторный ключ, замыкающий контакт клавиши ответа на стимул; 5 — компьютерная мышь (или клавиатура), используемые в эксперименте для регистрации времени реакции.

установки на яркость экрана монитора, что необходимо для ее подстройки под разные типы мониторов. При использовании для ввода ответа компьютерной клавиатуры схема несколько усложняется из-за структуры шин опроса кнопок внутри клавиатуры. В этом случае к транзисторному ключу добавляется малогабаритное электромеханическое реле, работа которого не вносит дополнительной дисперсии во время реакции установки на стимул. Момент замыкания ключом контакта клавиши (t_1) определяется компьютером в момент t_2 с некоторой задержкой за счет процессов опроса клавиши и др. Компьютер сравнивает момент времени t_2 с моментом t_0 , в который была дана команда на показ и «развертку» стимула на экране, и вычисляет время реакции установки на стимул $ВР_в = (t_2 - t_0)$.

Вычисляемый программой компьютера интервал ($t_2 - t_0$) может случайно изменяться от пробы к пробе

за счет происходящих в компьютере процессов вывода стимула на экран, занимающих время от момента t_0 до t_1 , а также за счет процессов опроса клавиши и регистрации ее нажатия, которые занимают время от t_1 до t_2 . В связи с этим определяемое компьютером в каждой пробе значение $ВР_в$ является случайной величиной, представляющей собой сумму двух случайных величин: $(t_1 - t_0)$ — задержка времени при выводе стимула на экран ($\Delta\Pок$) и $(t_2 - t_1)$ — задержка времени при регистрации ответа ($\Delta\Pег$). Задача данной работы состояла в оценке средних значений и стандартных отклонений (σ) этих случайных величин (аппаратурных погрешностей) при показе стимулов и регистрации ответов с помощью различного оборудования и компьютерных программ, которые часто используются при проведении хронометрических экспериментов в современной отечественной психологии и психофизиологии.

Тестируемые программы и аппаратура

В экспериментах оценивалась работа четырех программ проведения хронометрических экспериментов: 1) Presentation — программа для конструирования и проведения психофизиологических экспериментов (Neurobehavioral Systems, Inc, 2014); 2) VS/SiSubs (VectorScaling/Silent-Substitution) — программа показа и многомерного шкалирования зрительных стимулов и регистрации зрительных вызванных потенциалов на мгновенную замену (Кисельников, 2014); 3) StimMake — конструктор экспериментов со зрительной стимуляцией (Гусев, Кремлев, 2013); и 4) Компьютерный тахистоскоп TX 4.01 (Курячий, Кондаков, 2007). Первые три программы работают под управлением ОС Windows, а четвертая в операционной системе MS DOS.

Программы 1 и 2 были установлены на стационарном компьютере Intel® Pentium, 3.40 ГГц, с ОЗУ 1 Гб и видеоадаптером NVIDIA GeForce 1024 Мб, операционная система Windows XP Professional 2002, 32-разрядная. Использовался профессиональный 22" ЭЛТ-монитор Iiyama Vision Master Pro 514 в режиме с разрешением 800×600 пикселей и частотой вертикальной развертки 200 Гц, а также плоский ЖК-дисплей с частотой обновления экрана 60 Гц. Тестировалась лазерная двухкнопочная «геймерская» мышь Razer Abyssus Black USB, частота опроса которой со специальным поставляемым Razer драйвером составляла 125 или

1000 Гц. Использовалась также стандартная PS/2 компьютерная клавиатура марки Focus Electronic. Программа Presentation тестировалась также на ноутбуке HP ProBook 6450b под управлением ОС Windows 7 Professional, 64-разрядная, процессор Intel(R) Core(tm) i5 CPU, 2.40 ГГц, ОЗУ 2 Гб, универсальный монитор PnP с частотой вертикальной развертки 60 Гц и видеоадаптер Intel(R) HD Graphics.

Программа StimMake тестировалась на указанном выше стационарном компьютере, а также на двух ноутбуках с разными параметрами процессора и монитора. Один из них — указанный выше HP ProBook 6450b. Другой ноутбук ASUSTeK имел более слабые технические характеристики: процессор Intel® Celeron, 1,6 ГГц, ОЗУ 524 Мб, монитор (1024×768), видеоадаптер Intel® GM/GME, ОС Windows XP.

Тахистоскоп TX 4.01 тестировался на следующем оборудовании: компьютер IBM PC на базе процессора Athlon 2000, видеокарта NVidia GeForce 4MX. Монитор Samsung SyncMaster 757 DFX, 17". Время послесвечения флюоресцентного экрана для монитора — до 2 мс. Использовался режим работы с разрешением 800×600 точек и частотой развертки 120 Гц. Тестировалась стандартная PS/2 компьютерная клавиатура марки Focus Electronic.

Процедура¹

Процедура оценки аппаратурной погрешности включала 5 измерительных серий. В разных сериях

¹ Авторы выражают благодарность А.Е. Кремлеву и А.Я. Коифман за помощь в проведении экспериментов с программами StimMake и TX 4.01.

фотодиод был направлен в разные точки монитора — в левый верхний угол, в правый верхний угол, в центр экрана, в левый нижний угол и правый нижний угол. С помощью тестируемой программы в одной пробе серии на монитор компьютера на 1 сек. подавался «стимул» (белый экран, $rgb = \langle 255, 255, 255 \rangle$), который затем на 1 сек. сменялся черным экраном ($rgb = \langle 0, 0, 0 \rangle$). В нескольких экспериментах «стимулом» был белый квадрат (4×4 см), предъявляемый в центре черного экрана. В одной серии было 100 проб. При тестировании клавиатуры установка замыкала клавишу Пробел (Space), а при тестировании мыши замыка-

лась ее левая кнопка. Описанная процедура с мышью проводилась дважды: один раз при положении переключателя режима опроса клавиш на 125 гц, а затем на 1000 гц.

Результаты

В таблице 1 представлены аппаратные погрешности ВР_в при проведении экспериментов с помощью разного оборудования и программ, когда стимулом был полностью белый экран, а фотодиод был направлен в центр экрана. Для выяснения факторов, влияющих на величину этих погрешностей, рассмотрим полученные данные более детально.

Таблица 1

Средние (М) и стандартные отклонения (σ) ВР_в для разного оборудования и программ проведения хронометрических экспериментов, мс

| Оборудование и программы | Мышь 125 гц | | Мышь 1000 гц | |
|---|-----------------|------|--------------|------|
| | М | σ | М | σ |
| ЭЛТ монитор 200 Гц, стационарный компьютер, Presentation | 32 | 3.3 | 28 | 2.8 |
| ЖК монитор, стационарный компьютер, Presentation | 52 | 9.1 | 47 | 7.2 |
| ЭЛТ монитор 200 Гц, стационарный компьютер, программа VS/SiSubs | 40 | 2.8 | 35 | 1.4 |
| Ноутбук HP ProBook 6450b, Presentation | 52 | 7.3 | 48 | 7.2 |
| Ноутбук HP ProBook 6450b, StimMake | 85 | 8 | 79 | 5.4 |
| ЭЛТ монитор 200 Гц, стационарный компьютер, StimMake | 74 | 5 | 69 | 5 |
| Ноутбук ASUSTeK, StimMake | 94 | 15.4 | 82 | 13.6 |
| | Клавиатура PS/2 | | | |
| | М | | σ | |
| ЭЛТ монитор 120 Гц, стационарный компьютер, ОС DOS, Тахистоскоп TX 4.01 | 12 | | 2.3 | |
| ЭЛТ монитор 200 Гц, стационарный компьютер, ОС Windows, Presentation | 24 | | 2.7 | |

На рисунке 2 представлены результаты тестирования программы Presentation, установленной на указанном выше компьютере, при подключении к нему ЭЛТ-монитора с частотой развертки 200 Гц. Среднее BP_v при регистрации ответа с помощью PS/2 клавиатуры примерно на 5–10 мс меньше (при $p < 0.001$ по t -критерию), чем BP_v при регистрации ответа с помощью USB-мыши. Это может быть обусловлено тем, что PS/2 клавиатура не опрашивается компьютером с определенной частотой, а при нажатии клавиши «создает аппаратное прерывание», которое регистрируется процессором.

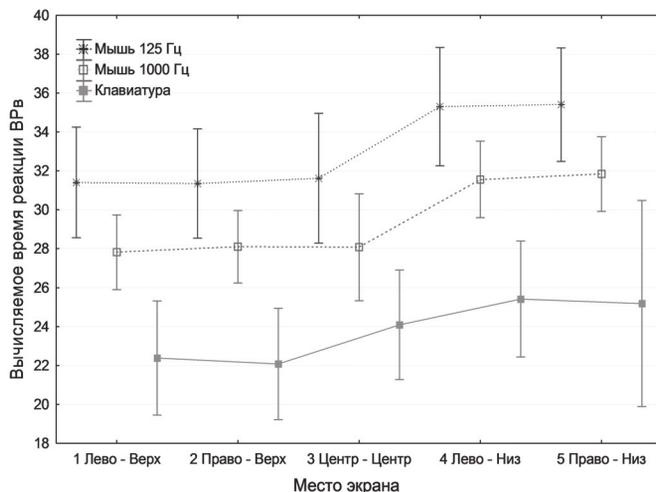
Из рисунка 2 также видно, что при положении фотодиода в левой верхней области экрана BP_v на 4 мс меньше, чем BP_v в правой нижней области ($p < 0.05$ по критерию

Стьюдента для мыши). Этот результат объясняется двумя факторами — частотой и схемой развертки стимула на экране. При частоте монитора 200 Гц один цикл вывода стимула на экран составляет 5 мс. В каждом таком цикле луч движется по горизонтальным линиям экрана слева направо и постепенно (за 4 мс) опускается сверху вниз, что обуславливает большее BP_v в нижней части экрана. Затем через 1 мс луч снова оказывается в левом верхнем углу и цикл повторяется.

На рисунке 3а, б показаны распределения BP_v для двух частот опроса мыши при положении фотодиода в центре монитора на 200 Гц. Для мыши 125 Гц одномодальное распределение BP_v является равномерным ($p < 0.005$) и плохо аппроксимируется кривой нормального распределения

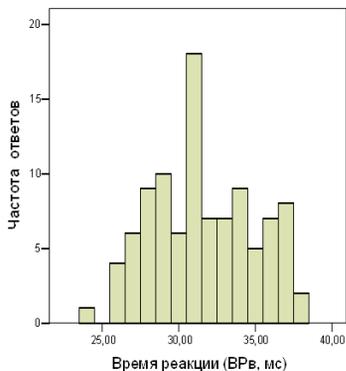
Рисунок 2

Распределение средних BP_v и их стандартные отклонения (σ) при тестировании программы Presentation на стационарном компьютере с монитором 200 Гц

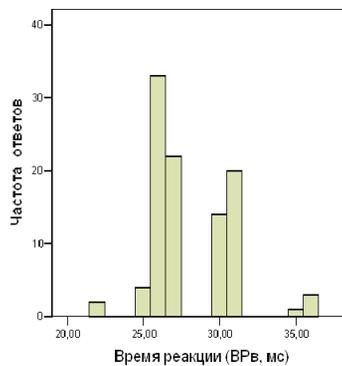


Примечание. По оси X — положение фотодиода перед экраном; по оси Y — вычисляемое программой время реакции (BP_v) установки на стимул. Длина вертикальных линий равна 2σ .

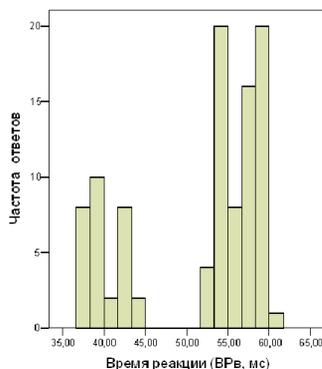
Гистограммы распределения $ВР_в$ при предъявлении стимула программой Presentation в центре экрана и регистрации ответов с помощью мыши



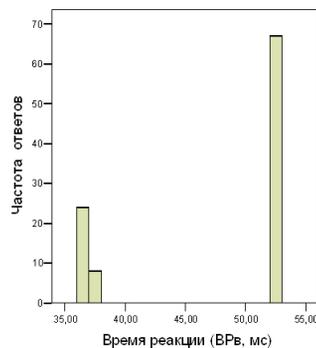
а) Мышь 125 Гц, монитор 200 Гц



б) Мышь 1000 Гц, монитор 200 Гц



в) Мышь 125 Гц, монитор 60 Гц



г) Мышь 1000 Гц, монитор 60 Гц

($p < 0.15$) по критерию Колмогорова–Смирнова. Для клавиатуры $ВР_в$ распределены нормально по тому же критерию ($p < 0.05$).

Обращает на себя внимание дискретность распределения $ВР_в$ для мыши 1000 Гц, которая наблюдается во всех тестируемых точках экрана. Эта дискретность выражается в том, что значения $ВР_в$ группируются около отдельных точек, отстоящих друг от друга на величину 5 мс, которая соответствует одному циклу вывода стимула на экран монитора с

частотой 200 Гц. При использовании мыши 125 Гц (а также клавиатуры) дискретность распределения $ВР_в$ исчезает, по-видимому, потому, что цикл регистрации нажатия клавиши, равный для этой мыши 8 мс, перекрывает цикл вывода (5 мс) стимула на экран.

Если каждый цикл развертки экрана рассматривать как квант времени, в который стимул выводится на экран, то указанная дискретность распределения $ВР_в$ может означать следующее. Во-первых, стимулы

реально выводятся на экран в разные кванты времени после того, как программа дала команду на их показ. Во-вторых, наблюдаемая дисперсия BP_v обусловлена в основном факторами, связанными с выводом стимулов на экран. Об этом может свидетельствовать также тот факт, что дисперсия BP_v для клавиатуры и мыши в режимах 125 и 1000 Гц в центре экрана не различаются ($p > 0.1$) при их попарном сравнении по критерию Ливена.

При замене высокочастотного монитора на обычный плоский ЖК-монитор среднее и σ (BP_v) увеличиваются в два-три раза (см. таблицу 1). Однако и для ЖК-монитора распределение BP_v является дискретным (см. рисунки 3в, г). Здесь BP_v группируются в квантах времени, разделенных интервалом 16 мс, который равен одному циклу смены изображения на экране. Аналогичные дискретные распределения BP_v наблюдаются также на ноутбуке HP ProBook 6450b при использовании программ Presentation и StimMake.

При использовании программы VS/SiSubs и проведении эксперимента на мониторе 200 Гц и стационарном компьютере среднее и σ (BP_v) меньше по сравнению с Presentation при $p < 0.001$ по t-критерию для средних и по критерию Ливена для дисперсий. Для программы VS/SiSubs и мыши 125 Гц BP_v также распределены дискретно с интервалом между тремя пиками 5 мс.

При установке программы Presentation на ноутбук HP ProBook 6450b аппаратурная погрешность эксперимента (средние и σ (BP_v)) значимо не отличается ($p > 0.001$) от погрешности эксперимента на ста-

ционарном компьютере с плоским монитором (см. таблицу 1). Однако при проведении эксперимента на том же ноутбуке, но с помощью программы StimMake среднее BP_v увеличивается на 31–33 мс по сравнению с программой Presentation, тогда как σ (BP_v) не изменяется. Эти результаты свидетельствуют о том, что аппаратурная погрешность BP_v может быть обусловлена также характеристиками программы хронометрического эксперимента.

Наибольшая погрешность BP_v в описанных экспериментах наблюдается у ноутбука ASUSTeK с использованием программы StimMake. Однако та же программа на более мощном ноутбуке HP показывает лучшие результаты (см. таблицу 1). Наименьшая погрешность BP_v наблюдается у Тахистоскопа TX 4.01, при регистрации ответов с помощью PS/2 клавиатуры (см. таблицу 1). Возможно, что это обусловлено его работой под управлением ОС MS DOS, позволяющей в два раза уменьшить среднее значение BP_v по сравнению с программой Presentation, работающей в среде Windows. У этого тахистоскопа отсутствует отмеченная выше дискретность распределения значений BP_v , которые у него распределены равномерно в интервале от 8 до 16 мс. Величина данного интервала соответствует одному циклу развертки изображения на используемом мониторе.

Когда «стимулом» был небольшой (4×4 см) белый квадрат на черном фоне в центре экрана, то при использовании ЭЛТ-монитора результаты не изменяются по сравнению с полностью белым экраном. Однако при показе этого стимула на

экране ноутбука HP среднее BP_v для мыши в обоих режимах (125 и 1000 Гц) уменьшается на 10 мс ($p < 0.01$) по сравнению с полностью белым экраном при равенстве дисперсий в обоих случаях. Этот результат свидетельствует о том, что время вывода на ЖК-дисплей стимула (на черном фоне) зависит от размера стимула. В связи с этим, если в хронометрическом эксперименте стимулы разного размера предъявляются на ЖК-мониторе или на экране ноутбука, то для уменьшения аппаратной погрешности, обусловленной варьированием размера стимулов, их нужно предъявлять не на черном фоне (на котором BP зависит от размера стимула), а на полностью засвечиваемом каким-либо цветом экране.

Выводы

Измеряемые в данной работе аппаратные погрешности (т.е. средние и стандартные отклонения BP_v) в большей степени обусловлены характеристиками устройств вывода стимулов на экран, чем характеристиками устройств осуществления и регистрации ответа. При проведении экспериментов с испытуемым эти погрешности авто-

матически прибавляются к его средним и стандартным отклонениям BP на тестовые стимулы. Для уменьшения аппаратной погрешности хронометрического эксперимента целесообразно использовать мониторы с большой частотой развертки или частотой смены изображения на экране, а для регистрации ответов испытуемого — мышь (или сделанный на ее основе двухкнопочный пульт с параллельным подключением кнопок к клавишам мыши) с частотой опроса клавиш 1000 Гц. На основании полученных данных можно заключить, что при использовании описанных в работе программ подготовки и проведения хронометрических экспериментов можно добиваться приемлемых аппаратных погрешностей по времени и дисперсии предъявления стимулов и регистрации ответов испытуемого. Можно заключить также, что при использовании «геймерского» оборудования (высокочастотных мониторов и мыши с фирменными драйверами) и достаточно мощных современных компьютеров, работающих под управлением ОС Windows, подключение этого оборудования через USB-порт для хронометрических целей приемлемо.

Литература

- Гусев, А. Н., Кремлев, А. Е. (2013). Конструктор экспериментов со зрительной стимуляцией StimMake [Программное обеспечение]. Режим доступа: <http://psychosoft.ru/download/doc/stimmake.doc>
- Кисельников, А. А. (2014). VS/SiSubs (VectorScaling/SilentSubstitution) — программа показа и многомерного шкалирования зрительных стимулов и регистрации зрительных вызванных

потенциалов на мгновенную замену [Программное обеспечение]. Режим доступа: <http://www.psy.msu.ru/people/kiselnikov.html>

Курячий, Г. В., Кондаков, Р. В. (2007). Компьютерный тахистоскоп ТХ (версия 2007) [Программное обеспечение]. Режим доступа: <http://old.virtualcoglab.ru/TX/index.html>

Neurobehavioral Systems, Inc. (2014). Presentation [Программное обеспечение]. Режим доступа: <https://www.neurobs.com>

Турковский Александр Александрович — инженер 1-й категории, кафедра психофизиологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова

Контакты: artur50@mail.ru

Беспалов Борис Иванович — старший научный сотрудник факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат психологических наук

Контакты: [беспаловb@mail.ru](mailto:bеспаловb@mail.ru)

Вартанов Александр Валентинович — старший научный сотрудник факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат психологических наук

Контакты: a_v_vartanov@mail.ru

Кисельников Андрей Александрович — старший научный сотрудник факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат психологических наук

Контакты: kiselnikov@mail.ru

Evaluation of the Instrumental Error in a Chronometric Psychological Experiment Using Modern Equipment

Alexander A. Turkovsky

1st category engineer, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University
E-mail: artur50@mail.ru

Boris I. Bespalov

Senior Research Fellow, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University
E-mail: bespalovb@mail.ru

Alexander V. Vartanov

Senior Research Fellow, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University
E-mail: a_v_vartanov@mail.ru

Andrey A. Kiselnikov

Senior Research Fellow, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University
E-mail: kiselnikov@mail.ru

Address: 1 Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991

Abstract

The developed electronic unit (EIU) measured temporal error of computer programs and equipment used in chronometric psychological experiments. Four programs were assessed – Presentation, StimMake, VS/SiSubs, Tachistoscope TX 4.01, as well as CRT and LCD monitors with a refresh rate of 200, 120 and 60 Hz, USB-mouse with a polling rate of 1000 or 125 Hz and a standard PS/2 keyboard. In the experiments, instead of subjects, the EIU responded to the stimulus (white box on the computer screen); the EIU has near zero (less than 1 ms) reaction time ($RT_r = 0$) but the reaction time measured by a program is different due to the hardware delay ($RT_m > 0$). Instrumental errors (means and standard deviations of RT_m) depend on the programs used and are largely due to the characteristics of the output devices displaying stimuli on the screen rather than to the characteristics of the response registration devices. For the first three Microsoft Windows-based programs the instrumental errors, depending on the equipment, range from 24 to 94 ms (for medium RT_r s) and from 2.7 to 15.4 ms (for the variance of RT_r). For the MS-DOS-based TX 4.01 mean = 12 ms, variance = 2.3 ms. In order to reduce the instrumental error in chronometric experiments, “gaming” high-frequency monitors and mice with proprietary drivers are recommended. When using powerful MS Windows connecting this equipment via USB-port for chronometric purposes is acceptable.

Keywords: instrumental error, chronometric experiment, Presentation, StimMake, VS/SiSubs, Tachistoscope TX 4.01.

References

- Gusev, A. N., & Kremlev, A. E. (2013). Konstruktor eksperimentov so zritel'noi stimulyatsiei StimMake [StimMake: A kit for experiments with visual stimulation] [Computer software]. Retrieved from <http://psychosoft.ru/download/doc/stimmake.doc>
- Kisel'nikov, A. A. (2014). VS/SiSubs (VectorScaling / SilentSubstitution) – programma pokaza i mnogomernogo shkalirovaniya zritel'nykh stimulov i registratsii zritel'nykh vyzvannykh potentsialov na mgnovennuyu zamenu [VS/SiSubs (VectorScaling / SilentSubstitution – a program for display and multidimensional scaling of visual stimuli and recording of visual evoked potentials following immediate replacement] [Computer software]. Retrieved from <http://www.psy.msu.ru/people/kiselnikov.html>
- Kuryachii, G. V., & Kondakov, R. V. (2007). Komp'yuternyi takhistoskop TX (versiya 2007) [Computer tachistoscope TX (version 2007)] [Computer software]. Retrieved from <http://old.virtualcoglab.ru/TX/index.html>
- Neurobehavioral Systems, Inc. (2014). Presentation [Computer software]. Retrieved from <https://www.neurobs.com>