

УСИЛЕНИЕ И ОСЛАБЛЕНИЕ ЭФФЕКТА СТРУПА ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ НАУЧЕНИИ

И.С. УТОЧКИН, К.Г. БОЛЬШАКОВА

Резюме

В работе анализируется феноменология перцептивного внимания в условиях отвлечения стимулами-дистракторами. Выделяются два противоположных по направленности эффекта — эффект интерференции и эффект избыточности. Предлагается формальное предсказание эффекта на основе математической теории связи. Рассматривается иерархическая гипотеза, определяющая правила взаимодействия разнотипных эффектов дистракторов. Гипотеза проверяется в экспериментальном исследовании вероятностного научения, в котором варьировалась частота встречаемости конфликтных и совпадающих проб теста Струпа. Предположительно словесно-цветовые сочетания и вероятности апеллируют к разным уровням эффектов дистрактора. В результате было обнаружено, что при низкой вероятности конфликтных проб эффект Струпа значительно усиливается и практически не поддается тренировке, в то время как при высокой вероятности практически исчезает.

Ключевые слова: *эффекты дистрактора, интерференция, избыточность, энтропия, эффект Струпа, вероятностное научение, иерархическая гипотеза.*

Многие классические и современные теории внимания придают особое значение его селективному аспекту, который имеет две стороны. Это способность к выбору целевого стимула или одного действия из множества, выделение цели среди про-

чих, придание ей особого статуса в сознании, доступ ее к управлению поведением и способность сопротивляться влиянию других стимулов и действий, подчас весьма навязчиво пытающихся занять центральное место в восприятии и управлении

поведением. Традиционно таких нежелательных «конкурентов» принято называть *дистракторами* (от англ. distract — отвлекать). Роль внимания в сопротивлении вторжению дистракторов и отвлечению от цели подчеркивается как в классических теориях (James, 1890), так и в современных влиятельных моделях, где ему приписывается функция исполнительного контроля и саморегуляции (напр.: Posner, Fan, 2008). Именно этому второму аспекту перцептивного отбора посвящена настоящая работа.

Изменение эффективности решения задачи в отношении целевого стимула в присутствии дистрактора, который, согласно условиям задачи, следует игнорировать, мы будем называть *эффектом дистрактора*. Операционально эффект дистрактора можно определить как разницу между эффективностью решения перцептивной задачи при наличии дистрактора и при его отсутствии.

В зависимости от направленности влияния на эффективность эффекты дистрактора могут быть разделены на три вида. Первое направление — *интерференция* (*interference* — помехи) — означает снижение эффективности деятельности при наличии дистрактора. Второе направление — *эффект избыточности* — отражает противоположную тенденцию к улучшению выполнения задачи при наличии дистрактора. Термин «избыточность» (*redundancy*) впервые был использован в техническом смысле основателем математической теории связи К. Шенноном (Shannon, 1948). Избыточность, по К. Шеннону, представляет собой меру упорядоченности, неслучайности ка-

кой-либо информационной системы (сообщения). Эта упорядоченность определяется частными взаимосвязями между отдельными ее элементами, которые можно описать и измерить в терминах теории вероятностей. Избыточность противоположна абсолютной *энтропии* (неопределенности) той же информационной системы, которая предполагает полную независимость каждого элемента от других. Как мы увидим ниже, использование основных понятий информационной теории — избыточности и энтропии — является эффективным для теоретических предсказаний эффекта дистрактора.

Хотя, на первый взгляд, положительное влияние дистрактора на выполнение задачи в отношении целевого стимула (т. е. эффект избыточности) кажется парадоксальным и едва ли не невозможным, его разновидности встречаются довольно часто и, как правило, объясняются наличием определенной положительной связи между критическими (важными для выполнения задачи) характеристиками цели и дистрактора. Одним из первых исследователей, заметившим эту особенность взаимоотношений цели и дистракторов, был когнитивный психолог У. Гарнер, который впервые использовал термин «избыточность» для описания этой связи.

Наряду с эффектами интерференции и избыточности можно выделить и эффекты дистрактора с нулевой направленностью, т. е. отсутствие различий в эффективности между условием с дистрактором и контрольным условием. Этот эффект свидетельствует об успешном игнорировании дистрактора.

Проведенный нами ранее подробный анализ (Уточкин, 2010) показал, что вне зависимости от содержания перцептивной задачи практически любой дистрактор может приводить как к интерференции, так и к эффектам избыточности в зависимости от условий. Более того, нами было выделено три основных класса эффектов дистрактора, различающихся по источнику возникновения (там же). Первый класс был назван *эффектами сенсорного входа*, поскольку источник этих эффектов нам видится в пространственно-временной смежности цели и дистракторов, определяющей уровень глобальной или локальной активации и вытекающего из нее зашумления сенсорных систем. Вторым классом назван *эффектами структурной единицы* (мы также называем их *иерархическими*). Они связаны с принадлежностью цели и дистрактора к одной или разным перцептивным единицам или единицам ответа. Например, если задача ставится в отношении опознания конкретной буквы-цели в окружении других букв-дистракторов, то опознание улучшается, если буквы образуют осмысленное слово (т. е. цель и дистрактор входят в одну семантическую единицу), и ухудшается, если буквы образуют бессмысленный набор (Reicher, 1969; Wheeler, 1970). Наконец, третий класс эффектов был назван нами *корреляционными эффектами*. Они определяются наличием или отсутствием корреляции релевантных и нерелевантных свойств стимуляции. Так, если целевые стимулы и дистракторы имеют высокую корреляцию (или вероятность совместного появления), то, скорее всего, в результате

мы получим эффект избыточности, если низкую — то эффект интерференции (Garner, Felfoldy, 1970). Источником корреляционных эффектов предположительно являются процессы *вероятностного научения*, поэтому особенно отчетливо эти эффекты проявляются в долгосрочной динамике. Как отмечают исследователи вероятностного научения И.М. Фейгенберг и В.А. Иванников, целью подобного процесса является вероятностное прогнозирование свойств будущих событий в чрезвычайно разнородной среде и, следовательно, сокращение времени анализа, принятия решения и начала ответного поведения, что, в конечном счете, имеет адаптивное значение (Фейгенберг, Иванников, 1978).

Если абстрагироваться от конкретного содержания того или иного эффекта, с точки зрения источника его возникновения, и взглянуть на природу интерференции и эффектов избыточности формально, то можно попытаться выделить прототипический инвариант, предсказывающий влияние дистрактора в каждом конкретном случае. Для обретения этого инварианта целесообразно вновь обратиться к базовым понятиям математической теории связи — энтропии и избыточности (Shannon, 1948). Так, если перед субъектом поставлена некоторая перцептивная задача в отношении цели и добавление дистракторов вызывает увеличение возможных альтернатив реагирования на ситуацию, мы ожидаем проявление интерференции. Если же добавленные дистракторы имеют положительную связь с целью, тем самым уменьшая число альтернатив реагирования, поскольку так же, как и

цель, апеллируют к правильному для данной ситуации решению, мы должны ожидать проявления эффекта избыточности. Иными словами, мы предсказываем интерференцию, если дистрактор устремляет стимульную ситуацию к большей энтропии, и эффект избыточности, если дистрактор добавляет к стимульной ситуации избыточность. Схематически это общее правило представлено на рисунке 1.

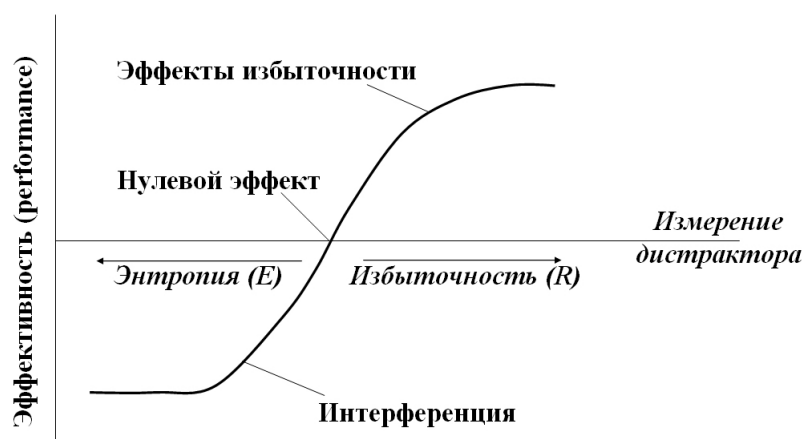
Одним из наиболее типичных тестов, использующихся для исследования внимания как противодействия отвлечениям, является задача Струпа. По признанию К. Маклеода, ее можно рассматривать в качестве «золотого стандарта» для психологических и психофизических исследований внимания человека (MacLeod, 1992). Эта задача, вошедшая в исследовательскую практику благодаря экспериментам бихевиориста

Дж.Р. Струпа (Stroop, 1935), построена на столкновении относительно медленного и сознательно контролируемого процесса идентификации и названия цвета и автоматизированного процесса чтения слов, значения которых соответствуют цветам. Хотя сам Дж. Струп в качестве задачи давал как название цвета шрифта слов, так и чтение самих слов на скорость, последующие исследователи традиционно использовали цвет шрифта в качестве цели, а значение слова в качестве дистрактора (см.: MacLeod, 1991). Кроме того, задача Струпа является относительно удачным примером, в котором демонстрируется феноменология интерференции и избыточности в зависимости от сочетания значения слова и цвета шрифта.

Классический эффект Струпа, описанный им самим, заключается в

Рисунок 1

Предсказание эффекта дистрактора на основе понятий математической теории связи



Примечание. В качестве базового уровня эффективности (уровень оси абсцисс) принимается эффективность в контрольном условии, т. е. при отсутствии дистрактора. Отрицательные значения соответствуют интерференции, положительные — эффектам избыточности.

выраженной словесно-цветовой интерференции в условиях конфликта двух признаков: цвета (целевого) и значения (дистрактора). Как правило, испытуемые тратят больше времени и допускают больше ошибок в таком конфликтном условии, чем в нейтральном условии, когда испытуемый должен определить цвет шрифта бессмысленного набора символов (Stroop, 1935). Несколько позже в ряде других исследований был установлен противоположный по знаку эффект фасилитации, который проявлялся при условии совпадения цвета шрифта со значением соответствующего слова (MacLeod, 1991). В нашей терминологии такую фасилитацию можно отнести к классу эффектов избыточности. Однако, как отмечает в своем обзоре К. Маклеод (там же), подобная фасилитация не имеет той же степени выраженности, что и интерференция, и воспроизводится не во всех экспериментах. Как бы там ни было, поведение дистрактора в задаче Струпа в целом подчиняется общему правилу энтропии-избыточности, сформулированному выше. С одной стороны, введение в задачу конфликтного условия увеличивает энтропию ситуации, поскольку цвет шрифта и значение слова апеллируют к ответам-антагонистам и между ними возникает конкуренция. Закономерным результатом возросшей энтропии является интерференция Струпа. С другой стороны, при совпадающем условии оба признака апеллируют к одному и тому же ответу, значительно усиливая его преимущество среди других ответов, что снижает энтропию или повышает избыточность. Следствием возросшей избыточности явля-

ется фасилитация. По классификации эффектов дистрактора, упомянутой выше, эффекты в задаче Струпа относятся к эффектам структурного типа.

Поскольку, как было сказано выше, эффекты дистрактора весьма разнообразны и могут проистекать из трех разных источников, то нетрудно предположить, что в реальном восприятии эффективность решения перцептивной задачи может определяться одновременно несколькими тенденциями, как одно-, так и разнонаправленными. В цитированной выше работе И.С. Уточкина (Уточкин, 2010) было сделано предположение о существовании уровневой-иерархических отношений между тремя классами эффектов. Это значит, что наличие структурной избыточности может модифицировать эффекты дистрактора на сенсорном уровне, а корреляционные отношения — эффекты дистрактора — на структурном уровне. Для обоснования этого положения И.С. Уточкин ссылается на ряд исследований, которые, впрочем, прежде всего, обосновывают первую связь. Недостаток экспериментальных данных по второй «связке» стал основным мотивом для проведения настоящего эксперимента.

Мы предположили, что если эффекты корреляционного уровня способны модулировать эффекты структурного уровня, то выраженность эффектов дистрактора в задаче на структурные эффекты (например, в задаче Струпа) будет изменяться в зависимости от корреляции между целью и дистрактором, т. е. вероятности встречаемости конфликтных и совпадающих стимулов. Проверить

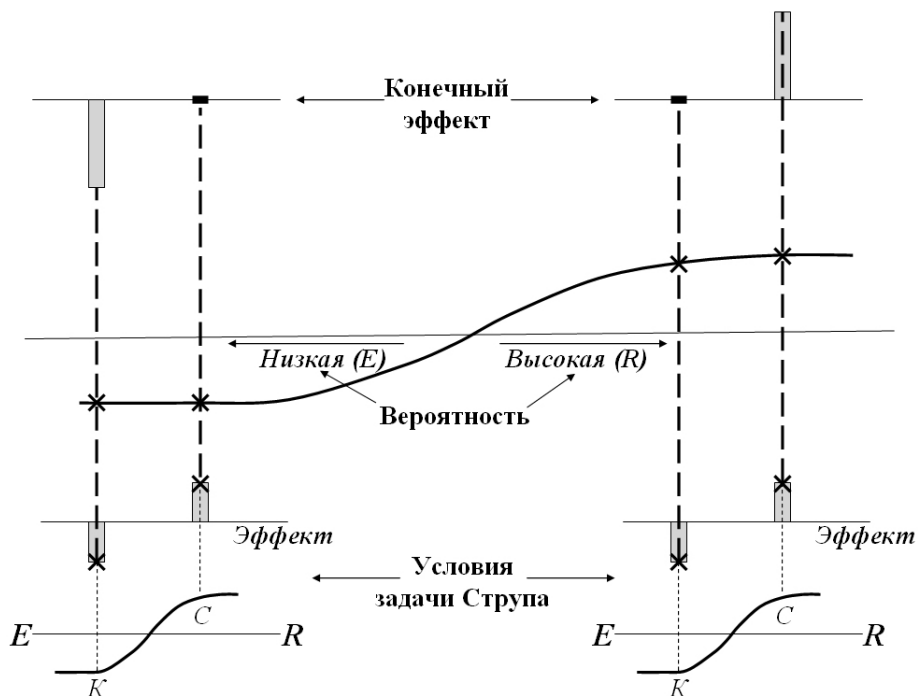
эту гипотезу мы решили путем совмещения задачи Струпа и парадигмы вероятностного научения.

По нашему предположению, итоговая направленность эффекта дистрактора (эффект интерференции, избыточности или нулевой эффект) будет результатом своеобразного сложения интерферирующих или избыточных тенденций двух уровней с учетом их знаков. Так, сочетание интерференционного конфликтного условия теста Струпа с низкой вероятностью конфликтных стимулов должно усиливать силу интерференции, в то время как сочетание конфликтного условия с высокой вероят-

ностью конфликтных проб должно уменьшать интерференцию за счет усиления ассоциативной связи между конфликтующими признаками. Аналогичный эффект ожидается для фасилитации в совпадающем условии. С этой точки зрения, нулевой эффект дистрактора может быть следствием двух качественно разных причин: отсутствия влияния дистрактора как такового или столкновения двух одинаковых по силе, но противоположных по знаку влияний. В схематическом виде логика рассуждений, лежащая в основе эксперимента, представлена на рисунке 2.

Рисунок 2

Предсказание эффектов дистрактора на основе иерархической гипотезы, соотносящей структурный и корреляционный уровень (К – конфликтное условие теста Струпа, С – совпадающее условие, пояснения в тексте)



Процедура и методы исследования

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 31 испытуемый (20 женщин и 11 мужчин, средний возраст — 19 лет). Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального цветовое зрение.

Аппаратура, программное обеспечение. Методика была сконструирована при помощи программы «Stim-Make» (Кремлев, Гусев, 2005–2010).

Стимуляция и процедура. В центре однородного серого экрана на 700 мс предъявлялся белый фиксационный крест, после чего в течение 2300 мс предъявлялся один из целевых стимулов задачи Струпа: слово «КРАСНЫЙ», «ЗЕЛЕНый» или набор символов XXXXXXXX красного или зеленого цвета. Задача испытуемого состояла в том, чтобы как можно быстрее определить, каким ЦВЕТом написано слово вне зависимости от его значения, и нажать на одну из двух кнопок пульта. Последовательность XXXXXXXX красного или зеленого цветов составляла нейтральное условие, слова «ЗЕЛЕНый» зеленого и «КРАСНЫЙ» красного цветов составляли совпадающее условие, а «ЗЕЛЕНый» красного и «КРАСНЫЙ» зеленого цвета — конфликтное условие.

Все испытуемые были случайным образом поделены на три группы, различавшиеся соотношением вероятностей совпадающих, нейтральных и конфликтных проб. Так, в первой группе это соотношение составляло 70%/10%/20% (преобладание совпадающих проб), во второй — 45%/10%/45% (равное количество

совпадающих и конфликтных проб), а в третьей 20%/10%/70% (преобладание конфликтных проб).

Поскольку модификация эффектов Струпа за счет перестраивания сложившихся автоматизмов, согласно исследованиям, является процессом длительным и трудоемким (MacLeod, 1998; Stroop, 1935), мы предположили, что эффекты различных вероятностей могут проявиться в ходе длительной перцептивной тренировки. Испытуемые в ходе эксперимента выполняли 8 тренировочных блоков по 150 проб в два дня, по 4 блока каждый день. Итого они выполняли 1200 проб задачи Струпа.

Независимыми переменными были «Пробы» (8 уровней, по количеству 150-пробных блоков), «Условие Струпа» (3 уровня: нейтральное, совпадающее, конфликтное) и «Соотношение вероятностей» (3 уровня).

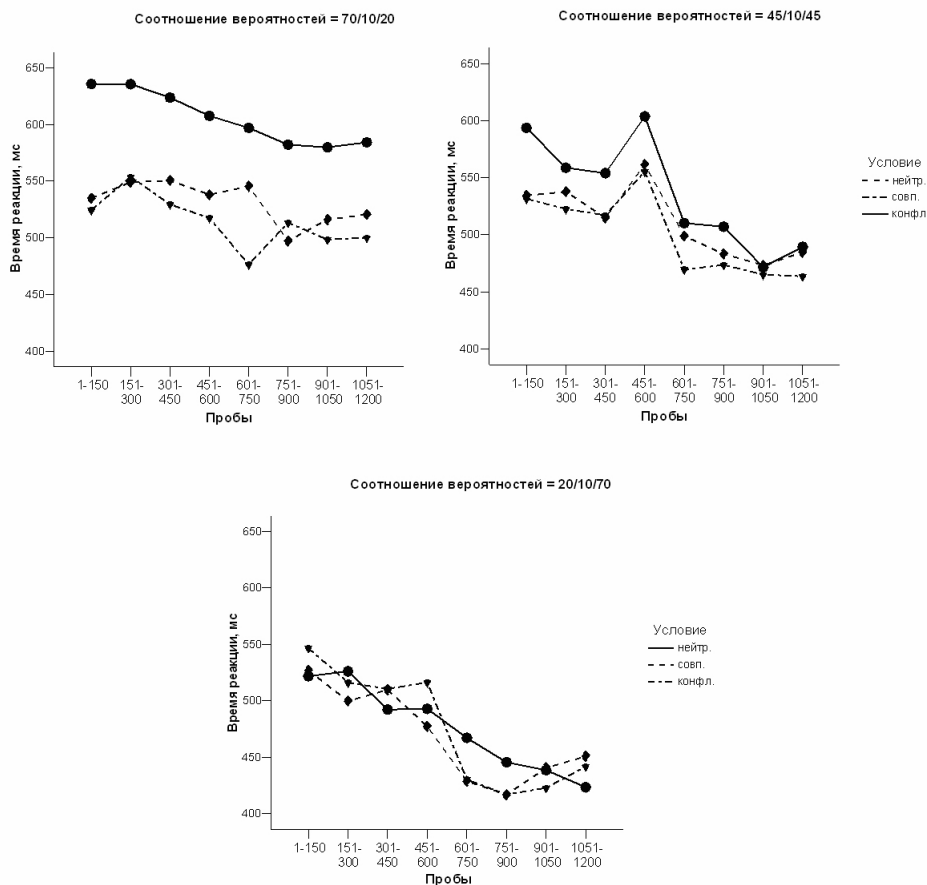
Результаты и обсуждение

На рисунке 3 показаны кривые научения для трех экспериментальных групп, различающихся соотношением вероятностей совпадающих и конфликтных проб.

Дисперсионный анализ показал, что главный эффект фактора «Пробы» значим ($F(7,22) = 2.90, p < 0.05$). Этот эффект выражается в общей тенденции к постепенному снижению ВР на все типы проб по мере тренировки. Главный эффект фактора «Условие Струпа» также значим ($F(2,27) = 8.97, p < 0.001$). Как показывают тесты парных сравнений средних по t-критерию Стьюдента, это различие обеспечивается преимущественно более высокими значениями ВР на конфликтные пробы

Рисунок 3

Динамика научения в трех группах испытуемых при трех условиях задачи Струпа



по сравнению с остальными, что соответствует стандартному эффекту интерференции Струпа (Stroop, 1935). Гораздо менее выражена общая тенденция к фасилитации со стороны совпадающих проб. В большинстве условий она не значима. Это в целом соответствует результатам других исследований, согласно которым эффект фасилитации может проявляться или не проявляться, в то время как эффект интерференции является стабильным (MacLeod, 1991).

Эффект межфакторного взаимодействия «Пробы»×«Условие Струпа» также значим ($F(14,15) = 4.12$, $p < 0.05$). Этот эффект выражен в том, что общий угол наклона кривой научения в конфликтных пробах больше, чем в пробах других типов. Иными словами, ВР при конфликтном условии больше подвержено влиянию тренировки, чем в остальных условиях.

Диссоциация эффектов дистрактора разных уровней — структурного

и корреляционного — стала возможна только при дифференцированном анализе динамики научения в трех группах, различающихся соотношением совпадающих, нейтральных и конфликтных вероятностей. Различия между группами хорошо представлены на рисунке 3 и подтверждаются результатами парных сравнений точек кривых по критерию Стьюдента. В группе с соотношением 70%/10%/20% ВР на конфликтные пробы на всех этапах значимо выше, чем на совпадающие, а также в половине блоков — и на нейтральные пробы. В группе с соотношением 45%/10%/45% ВР на конфликтное условие также значимо отличается от совпадающего в 6 из 8 блоков, но не отличается от нейтрального условия в 7 из 8 блоков. Кроме того, средняя величина различий между конфликтным и другими условиями в первой группе выше. Наконец, в группе с соотношением 20%/10%/70% ВР в конфликтных пробах значимо не отличается от других проб.

Мы рассматривали результаты второй группы (с равными вероятностями совпадающих и конфликтных стимулов) как «чистую» оценку эффектов Струпа, поскольку корреляция цели и дистрактора, т. е. цвета и значения слова, была равна 0, т. е. испытуемый не мог предпочесть ни конфликтной, ни совпадающей комбинации признаков. Соответственно, область между кривыми конфликтного и нейтрального условий и есть оценка эффекта дистрактора, который, по нашей классификации, относится к структурным. Понижение вероятности конфликтных стимулов (первая группа) означает

отрицательную корреляцию между цветом и противоположным значением, что, согласно классическим исследованиям (Garner, Felfoldy, 1970), должно приводить к эффекту корреляционной интерференции. Сложение интерференции Струпа с корреляционной интерференцией должно было привести к усилению общей интерференции. Именно этот эффект был получен: по сравнению с «чистым» эффектом во второй группе, эффект Струпа усилился по амплитуде и оказался более стойким, т. е. практически не снижался в ходе тренировки. Наконец, повышение вероятности конфликтных проб, т. е. положительная корреляция между цветом и противоположным значением, должна повышать вероятность проявления эффектов избыточности. Математическое сложение «чистого» эффекта Струпа, имеющего отрицательную (интерференционную) направленность, и эффекта корреляционной избыточности, чья направленность положительная, дало в итоге практически полную «аннигиляцию» эффектов. Эта «аннигиляция» выразилась в фактически нулевом значении эффекта дистрактора на протяжении всего научения.

На наш взгляд, динамика вероятностного научения в случае эффекта интерференции Струпа достаточно точно отражает предсказание иерархической гипотезы (см. рисунок 2, где конечный знак и абсолютная величина эффекта дистрактора зависят от суммы величин структурной интерференции и корреляционной связи целевого признака и дистрактора). Однако это предсказание не оправдалось для эффекта фасилитации в совпадающем условии, поскольку не

удалось получить самого эффекта фасилитации.

Выводы

1. В ходе исследования вероятностного научения на материале задачи Струпа нами обнаружен паттерн результатов, соответствующий интерференции Струпа при конфликте цвета и слова, но не обнаружено эффекта фасилитации при их совпадении.

2. Наиболее сильное влияние процесс научения оказывает на время реакции в конфликтном условии задачи Струпа.

3. Степень выраженности эффекта интерференции Струпа обратно пропорциональна вероятности появления конфликтных проб задачи Струпа: низкая вероятность конфликтных проб усиливает эффект Струпа, а высокая уменьшает его практически до полного исчезновения.

4. Зависимость силы эффекта интерференции Струпа от вероятностной структуры последовательности соответствует предсказаниям гипотезы об уровне-иерархических отношениях между структурными и корреляционными эффектами дистрактора.

Литература

- Уточкин И.С.* Эффекты дистрактора в перцептивных задачах // Психологический журнал. 2010. Т. 31, № 3. С. 25–32.
- Фейгенберг И.М., Иванников В.А.* Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движению. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
- Garner W.R., Felfoldy G.L.* Integrality of stimulus dimensions in various types of information processing // Cognitive Psychology. 1970. 1. 225–241.
- James W.* Principles of psychology. N.Y.: Holt, 1890.
- MacLeod C.M.* Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review // Psychological Bulletin. 1991. 109. 163–203.
- MacLeod C.M.* The Stroop task: The «gold standard» of attentional measures // Journal of Experimental Psychology: General. 1992. 121. 12–14.
- MacLeod C.M.* Training on integrated versus separated Stroop tasks: The progression of interference and facilitation // Memory & Cognition. 1998. 26. 201–211.
- Posner M.I., Fan J.* Attention as an organ system // Topics in integrative neuroscience: From cells to cognition / J.R. Pomerantz, M.C. Crair (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2008.
- Reicher G.M.* Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material // Journal of Experimental Psychology. 1969. 81. 2. 275–280.
- Shannon C.E.* A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. 1948. 27. 379–423, 623–656.
- Stroop J.R.* Studies of interference in serial verbal reactions // Journal of Experimental Psychology. 1935. 18. 643–662.
- Wheeler D.D.* Processes in word recognition // Cognitive Psychology. 1970. 1. 59–85.

Уточкин Игорь Сергеевич, старший преподаватель факультета психологии ГУ–ВШЭ, кандидат психологических наук

Контакты: isutochkin@inbox.ru

Большакова Ксения Георгиевна, студентка магистратуры факультета психологии ГУ–ВШЭ

Контакты: kselkina@gmail.com