

тационных элементах формы, о пространственной конфигурации изображения объекта на основании ориентационных признаков. Эти зоны частично совпадают с зонами, осуществляющими выбор между разными объектами, однако они смещены в пространстве лобной коры от областей, осуществляющих принятие решений на стимулы, имеющие эмоциональное значение, областей смещенных в лобной коре вентромедиально.

Можно утверждать, что различные задачи вызывают активацию различных паттернов активности взаимодействующих областей фронтальной коры. Вероятно, именно нарушение взаимодействия различных отделов фронтальной коры приводит к нарушению непрерывной сознательной деятельности человека – нарушениям, являющимся критическими, как было показано ранее на примере экстремальных ситуаций (Горбов, Лебедев, 1975).

Литература

- Горбов Ф. Д., Лебедев В. И. Психоневрологические аспекты труда операторов. М.: Медгиз, 1975.
- Шелепин Ю. Е., Фокин В. А., Хараузов А. К., Пронин С. В., Чихман В. Н. Локализация центра принятия решений при восприятии формы зрительных стимулов // Доклады Академии наук. 2009. Т. 429. № 6. С. 835–837.
- Bechtereva N. P., Shemyakina N. V., Starchenko M. G., Danko S. G., Medvedev S. V. Error detection mechanisms of the brain: background and prospects // Int. J. Psychophysiol. 2005. № 58 (2–3). P. 227–234.
- Heerkeren H. R., Marrett S., Bandettini P. A., Ungerleider L. G. A general mechanism for perceptual decision-making in the human brain // Nature. 2004. 431. 7010. P. 859–862.
- Hofer S., Karaus A., Frahm J. Reconstruction and dissection of the entire human visual pathway using diffusion tensor MRI // Front Neuroanat. 2010. P. 4–15.
- Northoff G., Heinzel A., Birmpohl F., Niese R., Pfennig A., Pascual-Leone A., Schlaug G. Reciprocal modulation and attenuation in the prefrontal cortex: an fMRI study on emotional-cognitive interaction // Hum Brain Mapp. 2004. № 21. P. 202–12.
- Saaty T. L. Theory and Applications of the Analytic Network Process. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2005.

ИССЛЕДОВАНИЕ УВЕРЕННОСТИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ

*В. М. Шендяпин**, *И. Г. Скотникова***

* Центр экспериментальной психологии МГППУ (Москва)

** Институт психологии РАН (Москва)

valshend@yandex.ru

Анализируется процесс выполнения пороговых сенсорных задач. Дано краткое описание разработанной модели принятия решения и уверенности в его правильности. Экспериментальное исследование зрительного различения пространственных и временных признаков стимулов подтвердило предсказание модели о большей частоте правильных ответов среди уверенных по сравнению с частотой правильных среди всех ответов. Особенно это проявилось у рефлексивных лиц.

Ключевые слова: моделирование уверенности, принятие решения, сенсорное различение.

Рассматривая проблему соотношения экспериментальных и не экспериментальных методов психологических исследований, следует отметить то важное место, которое в них занимает математическое моделирование. Моделирование – необходимый компонент системного метода изучения психического (Барабанщиков, 2005). Конечно, эксперимент имеет решающее значение для научного исследования. Однако он укоренен в специфику конкретной области науки. Модели же, как и вся математика, междисциплинарны по своей внутренней природе. Кроме того, на модели можно быстро провести проверку гипотезы, после чего она корректируется и окончательно проверяется в эксперименте. Воспроизведение экспериментально наблюдаемых психических феноменов в виде всесторонне проработанной математической модели позволяет одновременно описывать их структуру и механизмы, количественные взаимосвязи между их параметрами, формулировать и проверять гипотезы для экспериментального изучения. Моделирование интегрирует знания, накопленные в разных областях науки, и, объединяя их, служит «превращению технологии научно-исследовательской деятельности в технологию организации жизненной сферы человека... является важнейшим каналом реализации практического потенциала психологической науки. По этому же каналу осуществляется и обратное движение: регуляция методического обеспечения психологии, расширение и переоснащение ее технической, в том числе и аппаратурной базы» (там же, с. 27–28).

Разработанная нами модель принятия решения (ПР) и уверенности (U_v), основанная на психофизической теории обнаружения сигнала (ПТОС), позволяет описывать вероятность правильности выбранного ответа и величину полезного результата не только в среднем по всей серии наблюдений, но и в каждом наблюдении (Шендяпин и др., 2008, 2010). Из выведенной в работе формулы для величины апостериорной вероятности присутствия в данном наблюдении сигнала $P(\mathbf{sn}|x) = 0,5 + 0,5th\{[C(x)]/2\}$ следует, что правильность решения монотонно растет вместе с ростом введенной в парадигму ПТОС уверенности $C(x)$. Величина U_v задается как натуральный логарифм произведения отношения априорных вероятностей стимулов на отношение правдоподобия (зависящее от величины сенсорного впечатления x в данном наблюдении) $C(x) = \ln [l_0 l(x)] = L_0 + L(x)$. Такое определение позволяет рассматривать U_v в выборе наиболее вероятного стимула как сумму двух свидетельств в пользу выбранного стимула: $L_0 = \ln l_0 = \ln[P(\mathbf{sn})/P(\mathbf{n})]$ – несенсорного частотного, определяемого априорно заданными вероятностями стимулов, и $L(x) = \ln[l(x)] = \ln[f(x|\mathbf{sn})/f(x|\mathbf{n})]$ – сенсорного свидетельства, получаемого в процессе наблюдения. При $C(x) > 0$ более вероятным является сигнал (ответ \mathbf{Y} имеет вероятность правильности $P(\mathbf{sn}, \mathbf{Y}|x) = 0,5 + 0,5th[C(x)]/2$), при $C(x) < 0$ более вероятным является шум (ответ \mathbf{N} имеет вероятность правильности $P(\mathbf{n}, \mathbf{N}|x) = 0,5 - 0,5th[C(x)]/2$).

Установленная в экспериментах способность человека оценивать свою U_v в правильности сенсорного решения (см. обзор в работе Скотниковой, 2008) объясняется нами с помощью гипотезы о нормальности и равновариативности распределений сенсорных впечатлений человека в пороговой задаче. Известно, что в этом случае логарифм отношения правдоподобия упрощается до величины $L(x) = d'(x - d'/2)$, определяемой только сенсорным впечатлением x и величиной d' – различимостью этих сенсорных распределений. Таким образом, для получения оценки U_v нейронам мозга человека не требуется реализовывать сложные вычисления – достаточно простых операций вычитания и умножения.

Разработанная модель объясняет механизм принятия решения рациональным наблюдателем в каждом наблюдении с помощью переживания U_v , которая выступает при этом еще и средством контроля правильности принимаемого решения. Модель также объясняет, как U_v используется для выбора ответа, обеспечивающего достижение максимальной величины полезного результата, определяемого априорно заданными ценами ответов $vs_{n,Y}$, $vs_{n,N}$, $v_{n,N}$, $v_{n,Y}$. К переменной, описывающей U_v в выборе наиболее вероятного стимула $C(x) = L_0 + L(x)$, добавляется третье несенсорное мотивационное свидетельство $L_v = \ln[(vs_{n,Y} - vs_{n,N}) / (v_{n,N} - v_{n,Y})]$. Таким образом, $C_v(x)$ – величина U_v в достижении максимального полезного результата равна сумме трех свидетельств $C_v(x) = L_0 + L(x) + L_v$. При $C_v(x) > 0$ лучше дать ответ Y , дающий средний полезный результат $V(Y|x) = 0,5(vs_{n,Y} + v_{n,Y}) + 0,5(vs_{n,Y} - v_{n,Y}) \text{th}[C(x)/2]$. При $C_v(x) < 0$ лучшим является ответ N , дающий средний полезный результат $V(N|x) = 0,5(vs_{n,N} + v_{n,N}) + 0,5(vs_{n,N} - v_{n,N}) \text{th}[C(x)/2]$.

После получения сенсорного впечатления x и оценки величины $C_v(x)$ происходит ее сравнение с критерием $ПП$. При малых штрафах за ошибки добавочное мотивационное свидетельство L_v лишь сдвигает критерий по оси $ПП$, но само правило $ПП$ остается прежним. Если же испытуемый при больших штрафах за ошибки может отказываться от $ПП$ в тех случаях, когда он не уверен в достижении заданной минимальной величины полезного результата, то правило $ПП$ изменяется – на оси U_v появляется зона сомнений. Модель предсказывает, что при попадании $C_v(x)$ внутрь этой зоны вероятность вынесения ошибочного ответа столь велика, что ожидаемые значения полезных результатов $V(Y|x)$ и $V(N|x)$ становятся ниже допустимого минимума. Рациональный наблюдатель при этом должен отказываться от принятия решения, вынося ответ «сомневаюсь».

Чем шире зона сомнений на оси $ПП$, тем меньше остается уверенных ответов, но зато среди них больше верных, т. е. среди уверенных ответов частота правиль-

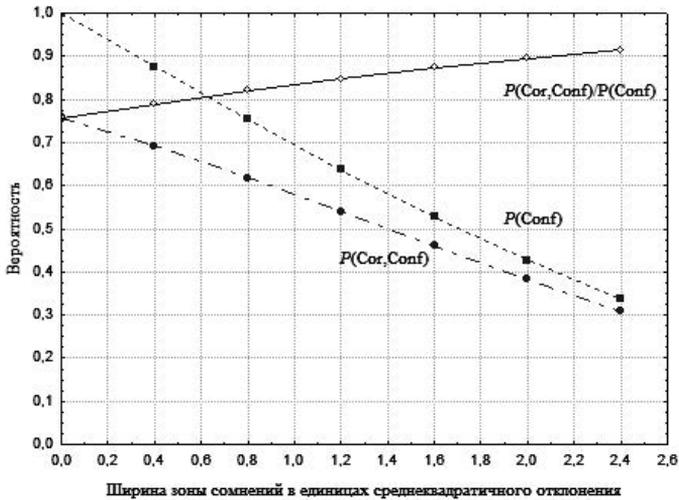


Рис. 1. Задача «больше–меньше», величина различимости $d' = 1,4$. Графики зависимостей вероятности вынесения правильных ответов $P(\text{Cor})$, вероятности вынесения правильных уверенных ответов $P(\text{Cor, Conf})$ и доли правильных ответов среди уверенных ответов $P(\text{Cor, Conf})/P(\text{Conf})$ от ширины зоны сомнений, измеряемой в единицах среднеквадратичного отклонения

ных больше, чем во всем массиве полученных ответов. Разрешая наблюдателю отказываться от принятия решений, можно повысить их правильность. Для того чтобы описать это не только качественно, но и количественно, были проведены численные расчеты для задачи «больше–меньше» при величине различимости $d' = 1,4$. Зависимости вероятностей уверенных ответов $P(\text{Conf})$, правильных уверенных ответов $P(\text{Cor}, \text{Conf})$ и доли правильных уверенных ответов среди всех уверенных ответов $P(\text{Cor}, \text{Conf})/P(\text{Conf})$ от ширины зоны сомнений, измеряемой в единицах среднеквадратичного отклонения, приведены на рисунке 1.

Этот теоретический результат был проверен экспериментально. Испытуемые различали сенсорные признаки объектов: пространственные при одновременном предъявлении стимулов и временные при последовательном их предъявлении. Использованы задачи различения двух основных видов: с ответами «больше–меньше» и с ответами «одинаковые–разные». Проверялось ключевое представление об U_v как факторе, монотонно связанном с правильностью решения.

А. Изучалась способность наблюдателя управлять правильностью решения сенсорной задачи с помощью U_v в принятом решении. В психофизическом эксперименте по методу констант 2 значения диаметра переменной окружности: большее и меньшее, чем эталон, подбирались околопороговыми для каждого наблюдателя, что дало 54–80% правильных ответов, и предъявлялись в парах с эталоном равновероятно, в случайном порядке. Длительность предъявления составляла 600 мс, интервал между пробами – 1000 мс. Участвовали 47 испытуемых, с каждым из которых было проведено от 1 до 7 экспериментов, включавших по 2 серии, состоявших из 100–400 проб: каждая 1-я с ответами «больше–меньше», 2-я с ответами «больше–меньше–сомневаюсь». В целом был проведен 91 эксперимент (46613 наблюдений). Вычислялись: частота правильных ответов w_1 в 1-й серии, частота правильных среди уверенных ответов w_2 во 2-й серии и их разность $\Delta w = w_2 - w_1$. Для контроля ошибок, возможных при замене теоретических вероятностей правильности на эмпирические частоты, в каждом эксперименте вычислялась σ_{Δ} – оценка среднеквадратичного отклонения случайной разности Δw . Полученные результаты приведены на рисунках 2, 3.

В подавляющем большинстве экспериментов (87% случаев) частота правильных ответов среди уверенных была выше частоты правильных среди всех полученных ответов. Статистическая проверка значимости прибавки по всему массиву экспериментов, проведенная по критерию знаков, подтвердила неслучайный характер обнаруженной прибавки ($p < 0,01$).

Б. В задаче «одинаковые–разные» испытуемые различали длительности световых вспышек. Длительность одного сигнала составляла 600 мс, длительность другого подбиралась околопороговой для каждого испытуемого, что дало 61–87% правильных ответов. В каждой пробе испытуемые давали 2 ответа: «одинаковые» или «разные» длительности в паре и уверены или сомневаются они в правильности первого ответа. В 55 экспериментах, включавших по 100 проб каждый, участвовали 39 испытуемых. Как принято в психофизике (Индли, 1976; Ferrel, 1995; Link, 2003), наша теоретическая разработка в целях наибольшей объективности проверялась по данным, полученным не только ее авторами, но и другими исследователями. Проанализированы данные 43 экспериментов Е. В. Головиной (2009) с участием 32 испытуемых, проведенных по этой же методике. По данным каждого испытуемого, во всех 98 экспериментах (9800 измерений) аналогично задаче «больше–меньше» вычислялись: частота всех правильных ответов w_j ; частота правильных среди уве-

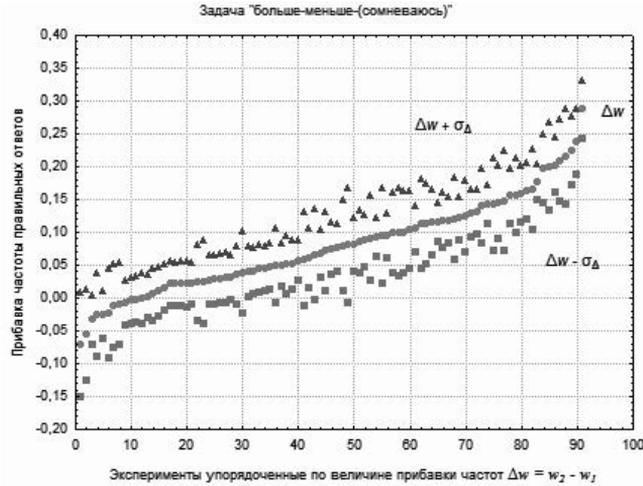


Рис. 2. Результаты выполнения задачи «больше–меньше»: Δw – упорядоченная в порядке возрастания последовательность прибавок Δw индивидуальных частот w_2 правильных ответов, полученных при выборе из 3-х категорий: «больше–меньше–сомневаюсь», относительно частот w_1 правильных ответов, полученных при выборе из 2-х категорий: «больше–меньше». Последовательности точек $\Delta w - \sigma_{\Delta}$ и $\Delta w + \sigma_{\Delta}$ показывают диапазон вариативности полученных значений прибавок $\Delta w \pm \sigma_{\Delta}$

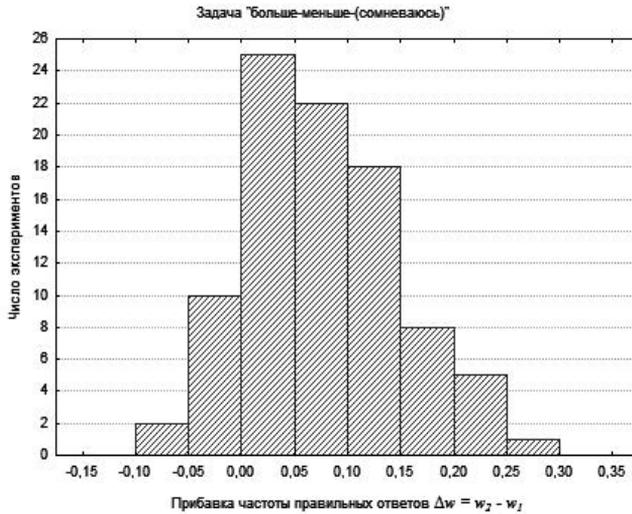


Рис. 3. Гистограмма распределения прибавок Δw индивидуальных частот w_2 правильных ответов при выборе из 3-х категорий: «больше–меньше–сомневаюсь» относительно частот w_1 правильных ответов при выборе из 2-х категорий: «больше–меньше»

ренных ответов w_2 и их разность $\Delta w = w_2 - w_1$; оценка соответствующего среднеквадратичного отклонения σ_{Δ} .

Вновь в большинстве экспериментов (в 85% случаев) частота правильных ответов среди уверенных была выше, чем частота правильных среди всех получен-

ных ответов. Графики индивидуальных данных аналогичны полученным в задаче «больше–меньше» (рисунки 2, 3). При этом прибавка частоты правильных ответов, оцененная по всему массиву экспериментов, также является неслучайной ($p < 0,01$).

Сравнение данных в обеих задачах показало, что инструкция, прямо стимулирующая испытуемых стремиться к максимальной правильности *уверенного* решения, т. е. *осознанно управлять* правильностью решения (в задаче «больше–меньше»), позволила получить в среднем *вдвое большую* прибавку частоты правильных ответов среди уверенных относительно частоты всех правильных ответов, чем инструкция, в которой *Ув* не связывалась напрямую с ростом правильности (в задаче «одинаковые–разные»). Статистическая проверка достоверности различия прибавок частот правильных ответов, выполненная по критерию Манна–Уитни, показала, что сдвиги, полученные в задаче «больше–меньше», значимо выше сдвигов, полученных в задаче «одинаковые–разные» ($p < 0,00003$).

Итак, правильность уверенных ответов превышала правильность всех полученных ответов в обоих основных видах задач различения: «больше–меньше» и «одинаковые–разные» для пространственных признаков зрительных объектов, предъявлявшихся одновременно, и для временных признаков, предъявлявшихся последовательно, соответственно. Т. е. установленный факт имеет достаточно общее значение.

Способность повышать частоту правильных ответов с помощью уверенности – сомнений сильно варьировала среди участников эксперимента. Для выяснения, не связана ли эта способность со свойствами индивидуальности, было проведено диагностическое исследование. Дифференциально-психофизические исследования выполняются с участием не сотен испытуемых (в отличие от дифференциально-психологических, когда с каждым проводится 1–2 измерения по конкретной методике), а лишь десятков и даже менее десяти, что достаточно для получения значимых результатов в силу большого объема (десятков и сотен) сенсорных измерений (Войтенко, 1991; Кочетков, Скотникова, 1993).

У 11 испытуемых из 47, выполнявших задачу «больше–меньше», определялись характеристики когнитивных стилей «рефлексивность–импульсивность» по тесту Кагана и опроснику Азарова, «ригидность–флексibilität» по тесту Струпа и опросникам Айзенка, Белоуса и Бренгельмана, а также склонность к риску по опроснику Когана, Валлаха.

Ранговый корреляционный анализ трех видов (Спирмена, «гамма» и «тау Кендалла») выявил значимо отрицательную взаимосвязь между увеличением частоты правильного различения стимулов при использовании уверенных ответов и числом ошибок в тесте Кагана. Факторный анализ для 1, 2 и 3 факторов показал, что увеличение точности решения сенсорной задачи вошло только в 1-ый наиболее значимый фактор вместе с показателями теста Кагана (числом ошибок и временем 1-го ответа) и индексом Азарова. Т. е. 1-й фактор можно назвать «импульсивностью–рефлексивностью». Рефлексивные более осознанно управляют правильностью решения сенсорной задачи с помощью *Ув*, чем импульсивные. Это можно объяснить тем, что у импульсивных более низкий (либеральный) критерий ответа об *Ув* (более близкий к критерию основного ответа о различии стимулов), которым они плохо управляют в силу недостаточной сформированности механизмов наблюдения за своим поведением, его контроля и регуляции. Такая интерпретация объясняет данные Скотниковой (2008) и Головиной (2009) о большей *Ув* импульсивных лиц в своих сенсорных суждениях, по сравнению с рефлексивными. Повышенная *Ув*

импульсивных может быть следствием более низких порогов принятия уверенных решений, чем у рефлексивных.

Разработанная модель развивает психофизическое описание механизмов принятия решения и уверенности и объясняет ряд проявлений этих феноменов в эксперименте.

Литература

- Барабанищikov В. А.* Принцип системности в современной психологии: основания, проблемы, тенденции развития // *Идея системности в психологии*. М.: Изд-во ИП РАН, 2005. С. 9–47.
- Войтенко Т. П.* Когнитивные стили и особенности сенсорной деятельности // *Проблемы дифференциальной психофизики*. М.: Изд-во ИП АН СССР, 1991. С. 93–110.
- Головина Е. В.* Уверенность и адекватность ее оценки при решении сенсорной задачи: когнитивно-стилевой аспект // *Современная психофизика*. М.: Изд-во ИП РАН, 2009. Гл. 22. С. 461–473.
- Индлин Ю. А.* Модель обучаемого наблюдателя в ситуации обнаружения и различения // *Проблемы принятия решения*. М.: Наука, 1976. С. 56–77.
- Кочетков В. В., Скотникова И. Г.* Индивидуально-психологические проблемы принятия решения. М.: Наука, 1993.
- Скотникова И. Г.* Проблемы субъектной психофизики. М.: Изд-во ИП РАН, 2008.
- Шендяпин В. М., Скотникова И. Г., Барабанищikov В. А., Тарасов В. Б.* Математическое моделирование уверенности при принятии решения в сенсорных задачах // *Психологический журнал*. 2008. №4. С. 84–97.
- Шендяпин В. М., Барабанищikov В. А., Скотникова И. Г.* Уверенность в решении: моделирование и экспериментальная проверка // *Экспериментальная психология*. 2010. Т. 3. №1. С. 30–57.
- Ferrel W. R.* A model for realism of confidence judgments: implications of underconfidence in sensory discrimination // *Perception & Psychophysics*. 1995. V. 57. P. 246–254.
- Link S. W. C. S. Pierce,* confidence and random walk theory // *Fechner Day'2003: Proc. 13th Ann. Meet. Intern. Soc. for Psychophysics*. Stockholm, 2003.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНВЕРСИИ ПРОСТРАНСТВА НА ТОЧНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ¹

В. С. Ястребцев

Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург)

vs-psi@mail.ru

Исследование посвящено изучению влияния освоенности двигательного навыка на точность выполнения задания. В ходе исследования обнаружен эффект выполнения действия с точностью, превышающей точность визуальной обратной связи. Предпринята попытка интерпретации наблюдаемого явления с позиций концепции перцептивно-моторной диссоциации.

Ключевые слова: сенсомоторная координация, моторное научение, перцептивно-моторная диссоциация.

1 Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-06-00199.