

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ

БИПОЛЯРНЫЙ ВЫБОР В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КАМЕРЕ¹

© 2009 г. В. А. Лефевр*, Ф. Санабриа**

*Профессор-исследователь, Школа социальных наук, Калифорнийский университет, Ирвин, США;
e-mail: valefebv@uci.edu

**Профессор-ассистент, факультет психологии, Аризонский университет, Феникс, США

Реакции животных на подкрепление в камере Скиннера с двумя ключами, каждый из которых управлялся независимой программой подачи пищи, традиционно описывались линейной функцией обобщенного закона соответствия. Отклонение от строгого соответствия было предложено описывать как следование, главным образом, одной предпочтительной программе с редкими случаями включения альтернативной программы. В настоящей статье впервые дано описание модели, способной предсказывать поведение животных и объясняющей причины нарушения закона соответствия на основе очень небольшого числа предположений о внутреннем состоянии организма и механизмах подкрепления. С формальной точки зрения, разработанная модель аналогична аксиоме повторного выбора, построенной для объяснения морального выбора человека. Модель учитывает двухаспектный характер выбора: каждая альтернатива имеет как практическую полезность, так и “моральную ценность” (“добро–зло”).

Ключевые слова: выбор, камера Скиннера, обобщенный закон соответствия, аксиома повторного выбора, интернальная переменная.

Полвека назад Хернштейн опубликовал результаты своих экспериментов, из которых следовало, что частоты реакций у голубей пропорциональны частотам подкреплений [11, 16]. Голубь помещался в камеру Скиннера с двумя ключами, каждый из которых управлялся независимой программой выдачи зернышек (*schedule*). Программы позволяли варьировать частоты выдачи. У голубя могли сформироваться различные варианты поведения, однако эксперименты позволили выдвинуть гипотезу, что поведение голубей подчиняется правилу, которое было названо *законом соответствия*: отношение чисел ударов клюва по ключам равно отношению чисел зернышек, получаемых в результате этих ударов [7, 13].

Выявленная закономерность соответствовала популярной в то время идее, что частоты выборов пропорциональны полезностям альтернатив. В

экспериментах с голубями число получаемых зернышек было естественно рассматривать как “меру полезностей”. Более тщательные эксперименты радикально изменили ситуацию. Было показано, что происходит систематическое отклонение от пропорциональности: птицы чаще клюют в один из ключей, чем того требует закон соответствия [11]. Более того, как правило, увеличивается частота клевков в ключ, программа которого более скудно выдает зернышки. Этот результат выглядел парадоксальным: менее выгодная для птицы альтернатива оказывается более притягательной, чем более выгодная. После этого открытия закон соответствия был заменен обобщенным законом соответствия [6], который описывал этот феномен, но не объяснял его. Предлагаемые объяснения феномена не казались убедительными большинству исследователей. Далее мы рассмотрим некоторые из них более подробно.

Совершенно в другой области психологии, изучающей биполярный выбор человека, в том числе моральный, была создана рефлексивно-интенциональная модель выбора. В основу модели, выраженной на языке математики, была положена гипотеза о психологическом механизме выбора [21]. Она могла предсказывать результаты биполярного выбора и была верифицируемой: иными словами, она могла быть, в принципе, опровергнута экспериментами, т.е. удовлетворяла требованию, которое предъявляется к любой научной модели.

¹ Авторизованный перевод (расширенный и дополненный) статьи: Lefebvre V.A., Sanabria F. Matching by Fixing and Sampling: A Local Model Based on Internality // Behavioural Processes. V. 78. № 2. 2008.

Работа Федерико Санабриа была поддержана грантом Национального института медицины и здоровья № 1R01MH06686.

Авторы благодарят Уильяма Баума (William M. Baum), Питера Киллина (Peter R. Killeen), Натали Бутрос (Nathalie Boutros), Дугласа Эллиффе (Douglas Elliffe), Аллистона Рида (Alliston K. Reid), двух рецензентов английской статьи, один из которых Армандо Мачадо (Armando Machado), и двух рецензентов русского перевода за полезные комментарии, а также Викторину Лефевр (Victorina Lefebvre), без помощи которой эта работа не была бы завершена.

Чтобы пояснить, о каком виде выбора идет речь, рассмотрим следующую ситуацию. Человек стоит перед альтернативой: сказать правду или солгать. Пусть для этого человека говорить правду “хорошо”, а лгать “плохо”. Кроме того, если человек скажет правду, он получит 10 долларов, а если солжет – 10000 долларов. Это пример ситуации, в которой выбор имеет два аспекта: моральный и утилитарный. В моральном аспекте альтернативы биполярны. Одна из них представляет позитивный полюс, а другая – негативный. В утилитарном аспекте альтернативам приписываются числа, соответствующие их полезностям. В приведенном примере негативный полюс (ложь) более выгоден, чем позитивный (правда). Однако мы не можем с уверенностью сказать, какая альтернатива будет выбрана, потому что полярность и полезность несовместимы друг с другом. Эта ситуация похожа на комплексную амбивалентность сценария самоконтроля, описанную Рахлиным [32].

Модель позволяет делать предсказания о вероятностях выбора полюсов в такого рода экспериментах. Следует отметить, что проведение экспериментов с выбором “добро–зло” сталкивается со значительными трудностями этического характера. Поэтому большинство экспериментов проводилось с оценками различных вещей и явлений по биполярной шкале. Модель дает основания считать, что выбор испытуемых в таких экспериментах двуаспектен (первый аспект связан с биполярностью, второй – с полезностью) и подчиняется тем же закономерностям, что и моральный выбор.

С помощью рефлексивно-интенциональной модели были объяснены некоторые психофизические феномены, например нелинейное отношение между магнитудной и категориальной оценкой одного и того же физического стимула: длины, веса, длительности, площади [21]. Эта модель пролила свет на асимметричность оценок, даваемых людьми своим знакомым с помощью конструкторов типа “сильный–слабый”, “быстрый–медленный” и т.д. Экспериментальные данные показали, что частота выбора позитивных прилагательных равна 0.62, а не 0.5 как ожидалось; модель объяснила этот сдвиг [2, 23]. Возникло предположение, что эта модель может описывать не только выбор человека, но также и выбор животных.

Первая попытка состояла в объяснении обобщенного закона соответствия [25]. В своей математической формулировке обобщенный закон содержит два параметра: один отражает сдвиг графика, имеющего вид прямой линии, а второй есть тангенс угла наклона. Из закона, выведенного с помощью рефлексивно-интенциональной модели, следовало, что только параметр сдвига имеет существенное значение, а тангенс угла наклона не нужен, поскольку угол постоянен и равен 45°.казалось, что экспериментальные данные опровер-

гают предсказания рефлексивно-интенциональной модели. Была даже сделана попытка искусственным образом ввести тангенс угла наклона в нее [там же]. Ситуация разрешилась, когда появились новые исследования, которые показали, что в большинстве экспериментов тангенс угла наклона постоянен, как и предсказывала рефлексивно-интенциональная модель. Было также обнаружено, что функция соответствия разрывна [8].

В настоящей статье мы подробно обсуждаем этот факт и демонстрируем, что он может быть объяснен с помощью модели, основанной на аксиоме повторного выбора [1, 24, 26], которая является дальнейшим развитием рефлексивно-интенциональной модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Закон соответствия может быть описан пропорцией

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{r_1}{r_2}, \quad (1)$$

где B_1 и B_2 – число обращений к каждой альтернативе, а r_1 и r_2 – число подкреплений, получаемых при обращении к соответствующей альтернативе.

Как уже было сказано, многочисленные экспериментальные исследования показали, что происходит систематическое отклонение от строгого соответствия, даваемого равенством (1). Чтобы объяснить эти отклонения, Баум [6] предложил обобщение уравнения (1) – обобщенный закон соответствия (*Generalized Matching Law*):

$$\log \frac{B_1}{B_2} = a \log \frac{r_1}{r_2} + \log b, \quad (2)$$

где $a > 0$.

В большинстве исследований было установлено, что значение a меньше единицы [11]. Но в экспериментах Апаричио [3] значение a оказалось большим единицы.

В последние три десятилетия было проведено много работ, направленных на создание моделей локальных процессов, чтобы объяснить общий закон соответствия [12, 15, 28, 36, 37]. В согласии с паттерном соотношения (2), в этих локальных моделях предполагается, что функция, связывающая выбор и подкрепление, – *функция соответствия* – непрерывна. Недавние эксперименты, однако, ставят это предположение под вопрос.

Обобщенный закон соответствия обычно демонстрируется с помощью программ, в которых варьируется среднее время между подачами порций пищи (*Variation Interval* – VI). В этой процедуре испытуемые беспрерывно выбирают одну из двух альтернатив, подкрепление в каждой из которых дается по особой программе, но не с фиксирован-

ной частотой. Исследуя локальные паттерны выбора в параллельно идущих программах (VI, VI), Баум [8] обнаружил неизвестный ранее паттерн в выборах голубей, названный “фиксация-и-проба” (*fix-and-sample* – *FS*): как правило, голуби многократно выбирают альтернативу с большим подкреплением (“богатая” программа) и время от времени определенное число раз (например, четыре) выбирают альтернативу с меньшим подкреплением (“бедная” программа). Число выборов богатой альтернативы, идущих подряд, чувствительно к частоте подкреплений, а бедной – нет. Паттерн *FS* был обнаружен также в экспериментах с обезьянами резус [20] и крысами [4].

Паттерн *FS* предполагает разрыв функции соответствия при сменах программ от бедной к богатой и наоборот. Чтобы это продемонстрировать, рассмотрим случай, когда происходит переход от “бедной” программы к “богатой”. Для “бедной” программы длительность обращения к альтернативе была фиксирована: скажем, четыре клевка в среднем независимо от относительной частоты подкреплений. Для “богатой” программы частота обращений к альтернативе чувствительна к относительной частоте подкреплений.

Чтобы учесть паттерн *FS*, наблюдаемый в экспериментах и ведущий к разрыву функции соответствия, Баум и его соавторы [5, 8] предположили, что общий закон соответствия работает без параметра a и имеет вид:

$$\frac{B_R}{B_L} = b_R \frac{r_R}{r_L}, \quad (3)$$

или, что эквивалентно,

$$\log \frac{B_R}{B_L} = \log \frac{r_R}{r_L} + \log b_R, \quad (3')$$

где B_R и B_L – число обращений к ключам при выборах богатой и бедной программ, r_R и r_L – число полученных подкреплений от богатой и бедной программ, а b_R – сдвиг в сторону богатой альтернативы. Соотношение (3') мы называем далее *схемой FS*. Заметим, что величина b_R может быть больше 1, меньше 1, или равна 1, так что $\log b_R$ может быть положительным числом, отрицательным или равным нулю. Функция соответствия (3') достигает оси ординат в точке $\log b_R$. В этой точке $r_R = r_L$, так что различие между “богатым” и “бедным” подкреплением не имеет значения. Если r_R продолжает уменьшаться, богатая программа вправо от оси ординат становится “бедной” программой, и наоборот. Поэтому наблюдается разрыв функции. Два возможных вида разрыва – шаг вверх или шаг вниз – описываются идеальной функцией соответствия на рисунке 1: левый паттерн (шаг вниз) показывает недостаточное соот-

ветствие, а правый (шаг вверх) – избыточное соответствие.

Слева от оси ординат (рис. 1) альтернатива 1 – “бедная”, а альтернатива 2 – “богатая”; справа от оси ординат альтернатива 1 – “богатая”, а альтернатива 2 – “бедная”. Рис. 1 показывает связь схемы *FS* и данных эксперимента с одной крысой [3]. Заметим, что разрывы в экспериментальной функции центрированы не по отношению к нулю, а по отношению к отрицательному числу. Это указывает на то, что выбор сдвинут в сторону альтернативы 2.

Неясно, как разрыв функции соответствия может быть инкорпорирован в традиционные локальные модели, которые основаны на непрерывных функциях, без нарушения фундаментальных предположений. Схема *FS* (соотношение (3')) описывает общие паттерны поведения, но она не объясняет, почему это соотношение должно выполняться, и не показывает, что собой представляют механизмы локального выбора, ведущие к паттернам *FS*.

Мы предлагаем гипотетический механизм локального выбора, совместимый со схемой *FS*. Он основан на малом числе предположений о внутреннем состоянии организма и влиянии среды.

Эта модель была впервые предложена для объяснения некоторых феноменов морального выбора человека [21, 22]. Она была изначально построена, чтобы предсказывать выбор человека в ситуациях моральных дилемм. Модель может быть представлена следующей функцией:

$$X = \frac{x_1}{x_1 + (1 - x_1)x_2}, \quad 0 < x_1 \leq 1, \quad 0 \leq x_2 \leq 1. \quad (4)$$

Значение X есть вероятность выбора позитивного полюса, а значение x_1 – относительная полезность позитивного полюса:

$$x_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2}, \quad (5)$$

где v_1 – полезность позитивного полюса, v_2 – полезность негативного полюса; и x_2 – параметр, характеризующий внутренне состояние субъекта, его величина определяется более широким контекстом.

Смысл этого параметра состоит в том, что он отражает меру давления в сторону выбора позитивного полюса в прошлом. Чем больше значение x_2 , тем больше было давление к позитивному полюсу. Если $x_2 = 0$, то $X = 1$, т.е. выбор полностью основан на полярности альтернатив. Если $x_2 = 1$, то $X = x_1$, т.е. выбор полностью основан на полезности альтернатив. Следовательно, x_2 это относительный вес решения, задаваемый локальными и глобальными факторами.

Мы предположили, что выбор животного в камере Скиннера имеет два аспекта, которые мы на-

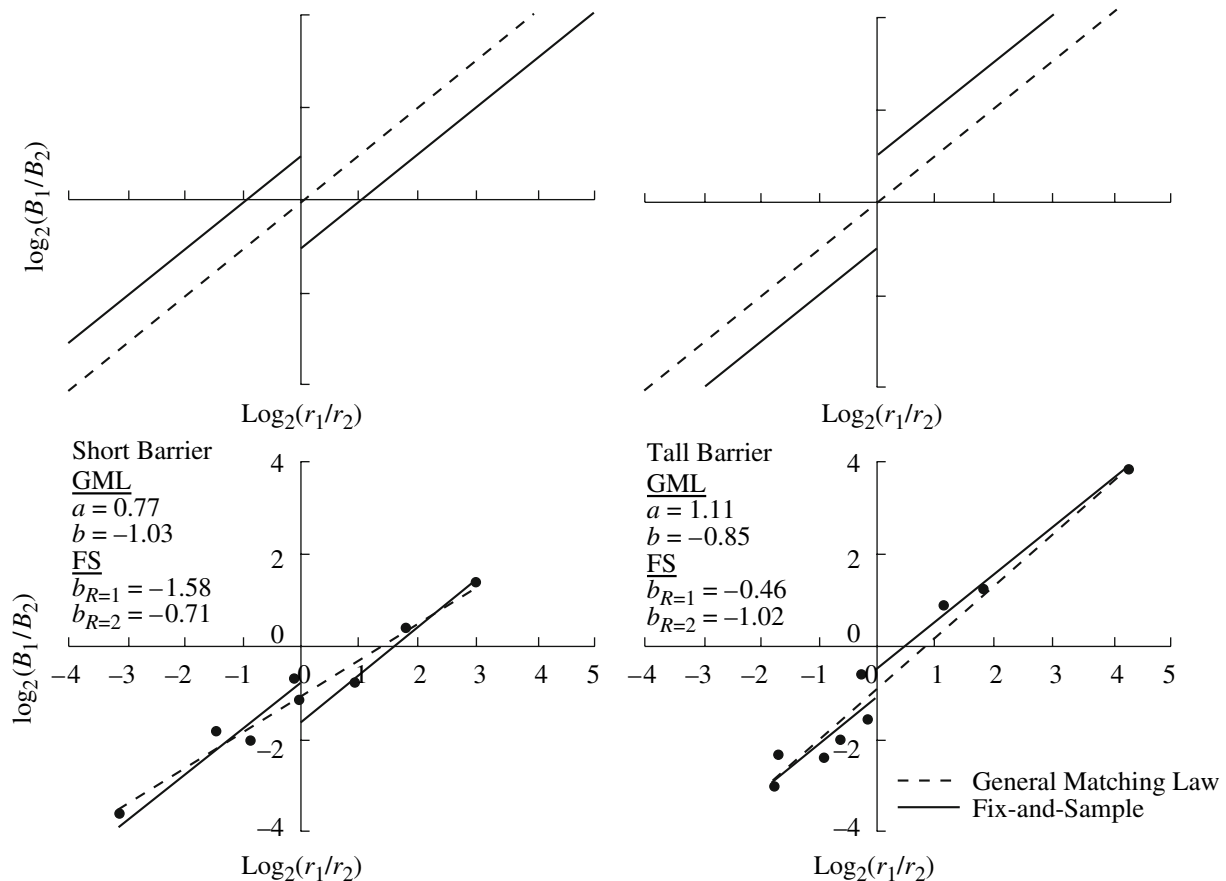


Рис. 1. Верхние графики. Идеальные паттерны, даваемые уравнением (3'). Левый паттерн отражает случай, когда $\log b_R < 0$, т.е. недостаточное соответствие. Правый паттерн отражает случай, когда $\log b_R > 0$, т.е. избыточное соответствие. Пунктирная линия соответствует случаю, когда $\log b_R = 0$. Нижние графики. Эксперименты с одной крысой [3]. Иллюстрация того, как идеальные паттерны проявляются в реальных экспериментальных данных, и того, как соотносятся кривые, соответствующие двум разным аппроксимациям данных: одна (пунктирная) проведена с помощью обобщенного закона соответствия (соотношение (2)), а другая (сплошная) – с помощью схемы фиксация-и-проба (соотношение (3')). Эксперименты, данные которых отражены в левых графиках, были проведены с крысой № 62 в случае, когда два ключа были разделены барьером высотой 30.5 см, а в правых графиках отражен случай, когда барьер был высотой 45.7 см.

звали *утилитарный* и *позитивный–негативный*. Утилитарный аспект относится к непосредственным предпочтениям животного в масштабе локальных условий выбора, а позитивный–негативный аспект – к поведению животного в более широкой, глобальной области. Соотношение (4) можно переписать в виде

$$\frac{1-X}{X} = x_2 \frac{1-x_1}{x_1}, \quad (6)$$

что позволяет нам увидеть параллель между моделью биполярного выбора и соотношением (3). Альтернативам могут быть приписаны противоположные полярности; критерии для такого приписывания будут обсуждаться ниже. Например,

пусть “бедная” альтернатива является позитивным полюсом, а “богатая” – негативным и пусть

$$X = \frac{B_L}{B_R + B_L}, \quad x_1 = \frac{r_L}{r_R + r_L}. \quad (7)$$

Подставив эти значения в уравнение (6), получаем

$$\frac{B_R}{B_L} = x_2 \frac{r_R}{r_L}. \quad (8)$$

Мы видим, что уравнение (8) аналогично уравнению (3).

Теперь мы покажем, что уравнение (8) может быть выведено из нескольких предположений относительно локального выбора. Во-первых, пред-

ставим поведение организма в ситуации биполярного выбора в виде функции такого вида:

$$X = \Phi(x_1, S), \quad 0 < X \leq 1, \quad 0 < x_1 \leq 1, \quad S \geq 0. \quad (9)$$

Значения переменных X и x_1 интерпретируются также как в старой модели: X – это вероятность того, что организм выберет позитивную альтернативу, а x_1 – это вероятность того, что локальная среда толкает организм выбрать позитивную альтернативу. S есть интернальная переменная, выражающая предпочтение организма выбирать позитивную альтернативу в глобальной шкале. Предположим, что локальное воздействие подкрепления уже установлено (например, животное предрасположено к непосредственному вознаграждению), а глобальное предпочтение еще должно создаваться. Мы предполагаем, что при постоянном x_1 и возрастающем S вероятность X выбора позитивного полюса растет. Если долговременное предпочтение отсутствует, $S = 0$, вероятность выбора полюсов полностью определяется локальным влиянием:

$$\Phi(x_1, 0) = x_1. \quad (10)$$

Вероятность, с которой система выбирает позитивную альтернативу, когда внутренняя переменная равна S , будет обозначаться X_S . Чтобы найти функцию $\Phi(x_1, S)$, мы воспользуемся утверждением, которое было названо *аксиомой повторного выбора*:

При возрастании интернальной переменной от S до $S + \Delta S$ ($0 < \Delta S < 1$; ΔS считается малой), при неизменном x_1 , процедура выбора такова. Сначала система делает *предварительный* выбор с вероятностью X_S выбрать позитивную альтернативу. Если выбрана позитивная альтернатива, система реализует свой выбор. Если выбрана негативная альтернатива, тогда с малой вероятностью ΔS система *отменяет* свой выбор и *повторяет* процедуру выбора (с вероятностью X_S выбрать позитивную альтернативу). Результат повторного выбора реализуется независимо от того, какая альтернатива выбрана ([24]; см. также [1, 26]).

Эмпирические основания аксиомы повторного выбора неполны, поэтому она должна рассматриваться как гипотеза. Тем не менее, феномен повторного выбора наблюдался в субъективной оценке интенсивности стимула с помощью линейной шкалы [32]. Испытуемым предлагались стимулы, интенсивность которых надо было оценить на шкале 1–100. Экспериментаторы обнаружили, что, сделав первую отметку на шкале, испытуемые повторяли процедуру оценки заново. Лефевр показал [26] что результаты этих экспериментов можно объяснить, используя соотношение (4).

Аксиома повторного выбора поясняется на рисунке 2. Когда интернальная переменная S не изменяется, выборы делаются по схеме дерева решений (a): позитивная альтернатива выбирается с вероят-

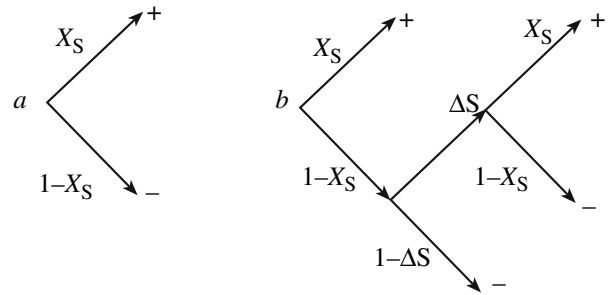


Рис. 2. Дерево решений, соответствующее аксиоме повторного выбора: (a) величина интернальной переменной остается постоянной и равной S и (b) величина интернальной переменной меняется и становится равной $S + \Delta S$.

ностью X_S , а негативная с вероятностью $1 - X_S$. Когда S увеличивается на ΔS , используется дерево решений (b). Предварительный выбор по дереву (b) такой же, как выбор по дереву (a), но если выбрана негативная альтернатива, есть малая вероятность ΔS , что выбор будет пересмотрен.

Из дерева (b) на рисунке 2 следует

$$X_{S+\Delta S} = X_S + (1 - X_S)\Delta S X_S. \quad (11)$$

Пусть $X(S)$ дифференцируемая функция. Соотношение (11) позволяет получить следующее дифференциальное уравнение (см. Приложение):

$$\frac{dX(S)}{dS} = (1 - X(S))X(S). \quad (12)$$

Решая уравнение (12) при условии $X(0) = x_1$, находим, что

$$X = \Phi_{x_1}(S) = \frac{x_1}{x_1 + (1 - x_1)e^{-S}}. \quad (13)$$

Равенство (13) соответствует равенству (4) для биполярного выбора, если $x_2 = e^{-S}$. Аналогично выражениям (6) и (8), равенство (13) может быть представлено как

$$\frac{B^-}{B^+} = e^{-S} \frac{r^-}{r^+}, \quad (14)$$

где “+” соответствует позитивной альтернативе, а “-” негативной. Логарифмируя левую и правую стороны равенства (14), получаем окончательное выражение:

$$\ln \frac{B^-}{B^+} = \ln \frac{r^-}{r^+} - S. \quad (15)$$

Оно описывает связь между отношениями чисел выборов позитивной и негативной альтернатив, отношениями чисел их подкрепления, и интернальной переменной.

Сравним теперь выражения (3') и (15). Положим, что основание логарифма в (3') есть e , $\ln b_r = -S$ и что $S \geq 0$, отсюда следует, что более “бедная” и более “богатая” программы есть позитивная и негативная альтернативы. Это сценарий, где соответствие сдвинуто в сторону более “бедной” программы и, следовательно, выборы недооценивают подкрепления. Полярность альтернатив может быть иной, т.е. “богатая” альтернатива – позитивный полюс, а “бедная” – негативный. В таком случае мы получаем сценарий, где соответствие сдвинуто в сторону более “богатой” программы, и, следовательно, выборы переоценивают подкрепления.

Что это значит, что “бедная” или “богатая” программа является “позитивной” или “негативной”? В исходной модели биполярного выбора полярность указывала на желательность альтернативы в широком контексте. Предшествующие исследования показали, что голуби могут быть чувствительны к глобальным возможностям подкреплений, которые не совпадают с локальными возможностями; например, когда альтернатива является предпочтительной в долговременном плане, а не немедленно [17, 34]. Если полярность альтернатив указывает на долговременные возможности, можно ожидать, что выборы будут сдвинуты по сравнению с соответствием в сторону долговременной оптимизации подкреплений. Хьюстон и Макнамара [18] предположили, что за отдельными исключениями, сдвиг в сторону “богатой” альтернативы оптимизирует частоту подкреплений, в то время как Дэвисон и Маккарти [11] отмечали, что это происходит при сдвиге в сторону “бедной” альтернативы.

Иная возможность заключается в том, что соответствие, даваемое уравнением (3'), оптимально в эволюционной шкале, потому что позитивная полярность бедной альтернативы улучшает дарвиновскую выживаемость организма. В работах Галлстела и др. [14] выдвигалось предположение, что соответствие, даваемое соотношением (3'), врожденно. Однако эту гипотезу практически невозможно проверить.

Третья возможность заключается в том, что животное не так связывает подкрепления с альтернативами, как мы полагаем. В этом случае можно ожидать, что “ошибочные” подкрепления будут в пользу “бедной” программы, т.к. большинство подкреплений дается при “богатой” программе [12]. Таким образом, “ошибочные” подкрепления ведут к недостаточному соответствию. Возможно, что полярность отражает подачу “ошибочных” подкреплений: тогда позитивными альтернативами будут те, на которые подается больше подкреплений, чем они заслуживают.

Данная гипотеза дает экспериментально проверяемые предсказания. Например, если сделать несколько предположений о том, как подкрепле-

ние влияет на поведение, предшествующее эффективной реакции [10, 19], “ошибочные” подкрепления объясняют, почему отсрочка в изменении выбора альтернативы уменьшает недостаточное соответствие [9, 35]. Однако таким путем нельзя объяснить, почему вообще возникает избыточное соответствие [8, 37]. Таким образом, правила, по которым происходит поляризация альтернатив, пока не ясны.

Мы показали, что глобальные паттерны, описываемые схемой “фиксация-и-проба”, могут быть выведены из простого механизма выбора, который наделяет животное способностью “сомневаться” в выборе одной из альтернатив, но не в выборе другой. По отношению к процедуре выбора, в которой общий паттерн описывается схемой FS , будь это дискретный выбор, параллельные программы или цепь программ любого типа, биполярная модель позволяет предложить правдоподобный механизм локального выбора. Может ли этот механизм описать локальные паттерны выбора? Данные, полученные Баумом [8], задают ограничения на любую модель локального выбора: время визита к предпочитаемой (“богатой”) альтернативе меняется одновременно с относительной частотой подкреплений, но этого не происходит по отношению к непредпочитаемой (“бедной”) альтернативе. Алгоритм, описанный на рисунке 2, не отвечает этому локальному паттерну главным образом потому, что он не инкорпорирует паттерн “рывок-пауза” при клевках, который поддается высокой автокорреляции выборов в параллельно идущих программах (VI , VI) [31]. Эта трудность может быть преодолена, если предположить, что единицей выбора является не один удар клювом, а серия, состоящая из нескольких ударов. При посещении “бедной” альтернативы в большинстве случаев реализуется одна серия, а при посещении “богатой” – несколько серий подряд, число которых зависит от подкрепления. Поэтому длина визитов к “бедной” альтернативе постоянна, а к “богатой” – нет. Возможно, в это нужно включить идею МакДонелла [28–30], в соответствии с которой выбор между параллельно идущими программами состоит в следующем: выбрать снова уже выбранную альтернативу или выбрать другую.

Выше мы показали, что локальные паттерны выбора опровергают строгий вариант нашей модели, если предполагать, что единицей выбора является один удар клювом. В нелокальном варианте модели выбор делается с вероятностью X , только когда выполняется соотношение (14) [26]. Если же связь, даваемая этим соотношением, нарушается, организм начинает восстанавливать ее, сохраняя длительность посещений “бедной” альтернативы постоянной и увеличивая или уменьшая число визитов к “богатой” альтернативе, как это следует из модели, основанной на аксиоме повторного выбора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы полагаем, что модель следует развивать дальше, учитывая имеющиеся экспериментальные данные и делая предсказания, которые могут быть эмпирически проверены. Мы предлагаем одно такое предсказание. Эксперименты Апаричио, в которых ключи в камерах были разделены барьерами, состояли из двух частей [3]. В первой части барьеры были низкими, во второй – высокими. Оказалось, что при низких барьерах наблюдается недостаточное соответствие, а при высоких – избыточное. Анализ этих данных в терминах модели, основанной на аксиоме повторного выбора, показывает, что при низких барьерах позитивным полюсом является “бедная” альтернатива, а при высоких – “богатая”. Выбор крысой альтернативы может быть связан с направлением ее движения по камере. В соответствии с аксиомой повторного выбора, движение к негативному полюсу должно иногда прерываться, после чего крыса должна совершать поворот и двигаться к позитивному полюсу. Предсказание, следующее из нашей модели, состоит в том, что доля прерванных движений к негативному полюсу должна быть больше доли прерванных движений к позитивному полюсу, т.е. при низких барьерах доля прерванных движений в сторону “богатой” альтернативы (негативному полюсу) должна быть больше доли прерванных движений в сторону “бедной” альтернативы (позитивному полюсу). При высоких барьерах наоборот: доля прерванных движений в сторону “бедной” альтернативы (негативному полюсу) должна быть больше доли прерванных движений в сторону “богатой” альтернативы (позитивному полюсу).

Способность модели, основанной на аксиоме повторного выбора, объяснять и предсказывать связь между частотами выборов и частотами подкреплений в камере Скиннера является важным фактом, далеко выходящим за рамки изучения поведения животных в экспериментальных камерах. Теперь у нас есть основания предполагать, что выбор животных в широком классе ситуаций двuasпектен, подобно тому, как двuasпектен выбор человека. Мы далеки от мысли, что животные способны к “моральному” выбору. Однако оценки, совершаемые животными, могут относиться как к глобальным, медленно изменяющимся событиям, так и к локальным, меняющимся с большой скоростью. Первые связаны с биполярными оценками “позитивно” и “негативно”, а вторые – с количественными оценками полезностей альтернатив. Мы надеемся, что модель, описанная здесь, послужит мотивацией для дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лефевр В.А. Космический субъект. М.: Когито-центр, 2007.
2. Adams-Webber J. Self-reflexion in evaluating others // American Journ. of Psychology. 1997. V. 110. P. 527–541.
3. Aparicio C.F. Overmatching in rats: The barrier choice paradigm // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 2001. V. 75. P. 93–106.
4. Aparicio C.F., Baum W.M. Fix and sample with rats in the dynamics of choice // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 2006. V. 86. 43–63.
5. Baum W.M. From molecular to molar: A paradigm shift in behavior analysis // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 2002. V. 78. P. 95–116.
6. Baum W.M. On two types of deviation from the matching law: Bias and undermatching // Journ. of Experimental Analysis of Behavior, 1974. V. 22. P. 231–242.
7. Baum W.M., Rachlin H. Choice as time allocation // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1969. V. 12. P. 861–874.
8. Baum W.M., Schwendiman J.W., Bell K.E. Choice, contingency discrimination, and foraging theory // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1999. V. 71. P. 355–373.
9. Boelens H., Kop P.F.M. Concurrent schedules – Spatial separation of response alternatives // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1983. V. 40. P. 35–45.
10. Catania A.C. Reinforcement schedules: The role of responses preceding the one that produces the reinforcer // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1971. V. 15. P. 271–287.
11. Davison M.C., McCarthy D. The matching law: A research review. N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
12. Davison M.C., Jenkins P.E. Stimulus discriminability, contingency discriminability, and schedule performance // Animal Learning and Behavior. 1985. V. 13. P. 77–84.
13. De Villiers P.A., Herrnstein R.J. Toward a law of response strength // Psychological Bulletin. 1976. V. 83. P. 1131–1153.
14. Gallistel C.R., King A.P., Gottlieb D. et. al. Is matching innate? // Journ. of Experimental Analysis of Behavior, 2007. V. 87. P. 161–199.
15. Herrnstein R.J. Melioration as behavioral dynamism // Quantitative Analyses of Behavior. Matching and Maximizing Accounts / Eds. M.L. Commons, R.J. Herrnstein, H. Rachlin. Cambridge, MA: Ballinger, 1982. V. 2. P. 433–458.
16. Herrnstein R.J. Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1961. V. 4. P. 267–272.
17. Heyman G.M., Tanz L. How to teach a pigeon to maximize overall reinforcement rate // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1995. V. 64. P. 277–297.
18. Houston A.I., McNamara J. How to maximize reward rate on two variable-interval paradigms // Journ. of Experimental Analysis of Behavior. 1981. V. 35. P. 367–396.
19. Killeen P.R. Mathematical principles of reinforcement: Based on the correlation of behavior with incentives in short-term memory // Behavioral and Brain Sciences. 1994. V. 17. P. 105–172.

20. Lau B., Glimcher P.W. Dynamic response-by-response models of matching behavior in rhesus monkeys // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 2005. V. 84. P. 555–579.
21. Lefebvre V.A. A psychological theory of bipolarity and reflexivity. Lewiston, N.Y.: The Edwin Mellen Press, 1992.
22. Lefebvre V.A. Algebra of conscience. Dordrecht, Holland: D. Reidel, 1982.
23. Lefebvre V.A. An algebraic model of ethical cognition // *Journ. of Mathematical Psychology*. 1980. V. 22. P. 83–120.
24. Lefebvre V.A. Bipolarity, choice, and entro-field. *Proceedings. The 8-th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2004. V. IV. P. 95–99.
25. Lefebvre V.A. Categorization, Operant Matching, and Moral choice. Institute for Mathematical and Behavioral Sciences, MBS, 99–14, UCI, 1999.
26. Lefebvre V.A. Research on bipolarity and reflexivity. Lewiston, NY: The Edwin Mellen Press, 2006.
27. Lobb B., Davison M.C. Performance in concurrent interval schedules: A systematic replication // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 1975. V. 24. P. 191–197.
28. MacDonall J.S. A local model of concurrent performance // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 1999. V. 71. P. 57–74.
29. MacDonall J.S. Synthesizing concurrent interval performances // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 2000. V. 74. P. 189–206.
30. MacDonall J.S., Goodell J., Juliano A. Momentary maximizing and optimal foraging theories of performance on concurrent VR schedules // *Behavioral Processes*. 2006. V. 72. P. 283–299.
31. Nevin J.A., Baum W.M. Feedback functions for variable-interval reinforcement // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 1980. V. 34. P. 207–217.
32. Poulton E.C., Simmonds D.C.V., Warren R.M. Response bias in very first judgments of the reflectance of grays: Numerical versus linear estimates // *Perception in Psychophysics*. 1968. V. 3. P. 112–114.
33. Rachlin H. The science of self-control. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
34. Sanabria F., Baker F., Rachlin H. Learning by pigeons playing against tit-for-tat in an operant prisoner's dilemma // *Learning Behavior*. 2003. V. 31. P. 318–331.
35. Shull R.L., Pliskoff S.S. Changeover delay and concurrent schedules. Some effects on relative performance measures // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 1967. V. 10. P. 517–527.
36. Staddon J.E.R., Motheral S. On matching and maximizing in operant choice experiments // *Psychological Review*. 1978. V. 85. P. 436–444.
37. Wearden J.H. Undermatching and overmatching as deviations from the matching law // *Journ. of Experimental Analysis of Behavior*. 1983. V. 40. P. 333–340.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Соотношение (11) является формальным выражением аксиомы повторного выбора, где X_S есть вероятность выбора позитивного полюса на первом этапе. Наш следующий шаг состоит в том, чтобы найти дифференцируемую функцию, для которой соотношение (11) выполняется с точностью до бесконечно малой величины по отношению к ΔS . Такая величина обозначается $o(\Delta S)$, и по определению $\frac{o(\Delta S)}{\Delta S} \rightarrow 0$, при $\Delta S \rightarrow 0$. Функция, которую мы ищем, может быть представлена как

$$X(S + \Delta S) = X(S) + (1 - X(S))X(S)\Delta S + o(\Delta S), \quad (\text{A.1})$$

или

$$\frac{\Delta X(S)}{\Delta S} = (1 - X(S))X(S) + \frac{o(\Delta S)}{\Delta S}. \quad (\text{A.2})$$

Переходя к пределу при $\Delta S \rightarrow 0$, получаем уравнение (12).

BIPOLAR CHOICE IN THE EXPERIMENTAL CHAMBER

V. A. Lefebvre*, F. Sanabria**

*Research Professor, School of Social Sciences, University of California, Irvine, USA

e-mail: valefebv@uci.edu

**Assistant Professor, Department of Psychology, Arizona State University, Phoenix, USA

In the experiments with animals in a Skinner chamber with two keys and concurrent schedules, the subjects' responses to reinforcement were traditionally described by the Generalized Matching Law function. More recently, it has been suggested that deviations from strict matching may be better described as following a policy of mostly *fixing* on the preferred schedule, and occasionally *sampling* the alternative schedule. In the current paper, the authors describe one such model based on parsimonious assumptions of the internal state of the organism and mechanisms of reinforcement attribution. Formally, the model is analogous to the Axiom of Repeated Choice initially constructed for explanation of the human moral choice. The model takes into consideration a two-aspect feature of choice: each alternative has both a practical utility, and an analogue to moral value (good–evil).

Key words: choice, Skinner chamber, Generalized Matching Law, Axiom of Repeated Choice, internal variable.