

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Э. А. АСРАТЯНА

УДК 612.821.6

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ОБУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРАВИЛА ВЫБОРА ПО ОБРАЗЦУ У СЕРЫХ ВОРОН

© 2003 г. А. А. Смирнова, М. С. Багоцкая, З. А. Зорина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, e-mail: smirnova@protein.bio.msu.ru

Поступила в редакцию 25.10.2002 г.

Принята в печать 28.10.2002 г.

Для исследования способности животных оперировать понятиями “сходство/различие” или “соответствие/несоответствие” большое значение имеет оптимизация методик обучения правилу выбора по образцу. В настоящей работе предпринята попытка найти более эффективный, чем использованный ранее, режим обучения ворон отвлеченному (основанному на обобщении признака “соответствие”) правилу выбора по образцу. Для этого с самого начала обучения чередовали 72 комбинации стимулов трех различных категорий (ахроматическая окраска, конфигурация линий, число элементов – по четыре стимула в каждой категории). За 5184 предъявления задачи ни одна из четырех ворон так и не достигла критерия обученности (80% правильных решений в 72 предъявлениях подряд, $p < 0.0001$), хотя в отдельные периоды они достоверно использовали стратегию выбора по соответствию с образцом ($p \leq 0.01$). Таким образом, модернизированный вариант методики оказался менее эффективным способом формирования отвлеченного правила выбора по образцу, чем ранее применявшийся способ поэтапной подачи информации.

Ключевые слова: обобщение, выбор по образцу, вороны, режимы обучения.

Обобщение, символизацию, умозаключение по аналогии и другие аспекты довербального мышления животных можно оценить, опираясь на способность субъекта оперировать понятиями “сходство/различие” или “соответствие/несоответствие” [6, 10, 13, 20, 21]. Один из способов выявить способность животного оперировать этими понятиями – обучить его отвлеченному правилу выбора по образцу. В связи с этим большое значение имеет оптимизация методик этого вида обучения.

В задаче выбора по образцу животному предъявляют стимул-образец и два или несколько стимулов для сравнения. Для решения задачи животное должно сопоставить образец с другими стимулами и выбрать один из них. Когда вырабатывают правило выбора по соответствию с образцом, то подкрепляют выбор соответствующего образцу стимула. Если животное обучают выбору по отличию от образца, то подкрепляют выбор отличающегося от него стимула.

Если по окончании обучения животное способно решать задачу с новыми стимулами, в той или иной степени отличающимися от использованных при обучении (тест на “перенос” правила), то делают вывод, что у него сформировано отвлеченное правило выбора, основанное на обобщении признака “соответствие” или “несоответствие”. Принято считать, что чем больше отличаются новые стимулы от использованных при обучении, тем выше достигнутая животным степень обобщения. Способность к переносу правила выбора на стимулы новых категорий расценивают как показатель формирования довербальных понятий (протопонятий) [6].

Известно, что человекообразные обезьяны и дельфины усваивают отвлеченное правило выбора даже при использовании в процессе обучения всего двух стимулов (например, [6, 8, 11, 14]). В отличие от них у голубей отвлеченное правило выбора может быть сформировано только при использовании во время обучения десятков или даже сотен различных стимулов [16], причем процесс обучения требует десятков тысяч предъявлений задачи: например, 27360 предъявлений, что заняло 18 мес. [23].

Ранее было показано [4, 19], что ворон можно обучить отвлеченному правилу выбора по образцу за 2–5 тыс. предъявлений. При этом была использована методика поэтапного формирования правила выбора по принципу от простого к сложному, т.е. от образования частных правил выбора для отдельных комбинаций стимулов к единому правилу. В процессе обучения циклически чередовали три набора стимулов, принадлежащих к трем различным категориям. На первом этапе птицам предъявляли четыре возможные комбинации всего двух стимулов – черных и белых карточек. Когда вороны достигли критерия обученности (не менее 80% правильных решений в 30 предъявлениях подряд), им предъявляли новые стимулы – изображения черных арабских цифр на белом фоне. При этом доля правильных выборов резко понизилась, и для достижения критерия птицам вновь потребовалось длительное обучение. Затем им предъявляли третий набор стимулов – графические множества, состоящие из одного и двух элементов разной формы и цвета на белом фоне. И вновь введение нового набора стимулов вызвало снижение уровня правиль-

ных решений. Использование на каждом этапе обучения очень небольшого числа комбинаций позволяло птицам усваивать частные правила выбора, которые называют правилами “если, то ...” [7, 17, 18, 23]. Например, если образец – белый, то выбирай белую карточку; если образец – черный, то выбирай черную и т.д. Такого рода правила не связаны с выявлением соответствия между образцом и одним из стимулов. Они основаны на заучивании “правильного” стимула в каждой из используемых комбинаций и применимы только к одному небольшому конкретному набору [7, 17, 18, 23].

После того как птицы достигли критерия обученности с третьим набором (множествами), им вновь предъявили первый – черные и белые карточки. Оказалось, что достижение критерия с этими уже знакомыми стимулами вновь потребовало сотен предъявлений. Та же картина повторилась и при повторном использовании цифр 1 и 2 и множеств, состоящих из одного и двух элементов. Тот факт, что при повторном использовании уже знакомых наборов стимулов воронам сначала вновь требовалось дополнительное обучение, мог свидетельствовать о том, что для каждого следующего набора птицы усваивали особые частные правила, которые “замещали” предыдущие. В результате после первых трех этапов обучения они “помнили” не все три набора частных правил, а лишь одно, пригодное только для последнего набора. В то же время маловероятно, что в этом случае птицы полностью “забывали” ранее выученные правила, поскольку известно, что прочно сформированное правило выбора они устойчиво сохраняют в течение более чем полутора лет [2].

Далее три базовых набора стимулов циклически чередовали до тех пор, пока птицы не начали достигать критерия обученности в первых 30–50 предъявлениях каждого из них. Только четыре из шести птиц справились с этой задачей, что требовало у них от 1780 до 5260 предъявлений (от 3 до 9.5 мес.). С двумя птицами из-за отсутствия прогресса в динамике обучения работа была прекращена. В дальнейших стадиях эксперимента (тестах на “перенос”), в которых использовали как новые комбинации уже знакомых стимулов (цифр и множеств от 1 до 4), так и абсолютно новые цифры и множества (от 5 до 8), вороны с первых же предъявлений в достоверном большинстве случаев решали задачу правильно. Следовательно, в ходе циклического чередования трех базовых наборов стимулов у них было сформировано действительно отвлеченное правило выбора по образцу.

В настоящей работе нами была предпринята попытка найти более эффективный режим обучения. По данным литературы вероятность формирования отвлеченного правила выбора возрастает при использовании в процессе обучения большего числа стимулов [15, 16, 23, 24]. В связи с этим мы решили выяснить, как происходит формирование отвлеченного правила выбора по соответствию с образ-

цом при чередовании 72 комбинаций стимулов трех различных категорий с самого начала обучения.

МЕТОДИКА

Исследования проводили на четырех серых воронах (*Corvus cornix*, L.) не моложе двух лет. У трех из них (№ 1, 3 и 4) ранее изучали способность к транзитивному заключению [3, 12], одна птица (№ 2) участвовала в экспериментах впервые.

Условия содержания птиц и экспериментальная установка были такими же, как и в ранее опубликованных работах [4, 5, 19]. Птицы содержались группой в вольере на открытом воздухе. Полной пищевой депривации ворон не подвергали, однако в их ежедневном рационе уменьшали долю кормов, содержащих белки животного происхождения. В качестве подкрепления использовали личинок мучного хрущака. Ритм работы и число предъявлений (обычно 30 – 50) в день зависели от уровня пищевой заинтересованности птиц.

На время эксперимента каждую птицу помещали в отдельную клетку (размером 70 × 35 × 35 см), в которой имелся свободный доступ к поилке с водой. В ходе опыта в клетку с птицей с помощью ручкоятки длиной 30 см вдвигали пластину текстолита размером 20 × 30 см с двумя кормушками (5.0 × 3.7 см) по ее краям. Обе кормушки были накрыты карточками – стимулами для выбора, на середину подноса помещали карточку-образец (рис. 1). Подкрепление (две личинки мучного хрущака) помещали под идентичную или соответствующую образцу карточку для выбора.

Подготовку подноса к предъявлению производили вне поля зрения вороны. Чтобы дать птице возможность рассмотреть предъявляемые ей стимулы, поднос на 3–5 с помещали так, чтобы ворона уже могла его видеть, но еще не могла дотянуться до кормушек. Сразу после того, как птица осуществляла выбор и съедала подкрепление (или убеждалась в его отсутствии), поднос быстро извлекали из клетки. Если в течение 2 мин птица не выбирала одну из кормушек, поднос также убирал.

Во время всех опытов экспериментатор находился сбоку от клетки с птицей за непрозрачным экраном (70 × 40 см), который не позволял им видеть друг друга (см. рис. 1, Б). Таким образом, возможность неосознанного влияния экспериментатора на выбор была сведена до минимума.

Карточки-стимулы представляли собой квадратные куски картона (70 × 70 мм), покрытые водостойкой пленкой. Стимулы различались по трем категориям признаков: ахроматическая окраска (белая, светло-серая, темно-серая и черная); конфигурация линий (черные арабские цифры от 1 до 4 на белом фоне); число элементов (гетерогенные множества, содержащие от одного до четырех геометрических элементов на белом фоне – зеленые треугольники, красные квадраты, синие прямоугольники, черные кружки). Каждый стимул был представлен в двух экземплярах (например, две

карточки с цифрой 1, две с цифрой 2 и т.д.). Два экземпляра стимулов с изображениями множеств соответствовали друг другу только по признаку числа элементов, а форма, цвет и расположение этих элементов различались.

Комбинации стимулов предъявляли в специально организованной последовательности, в которой квазислучайно меняли положение подкрепляемого стимула (на отрезке из 12 предъявлений одинаковое число появлений слева и справа и не больше 2 раз подряд на одной стороне). Каждая комбинация состояла из стимулов только одной категории, которые объединяли во всех возможных вариантах – по 24 для каждой категории. В блоке из 72 предъявлений каждая конкретная комбинация встречалась только 1 раз (табл. 1).

В отличие от ранее использованной методики [4, 19], в которой пробы коррекции (повторные предъявления данной комбинации после неправильного выбора) применяли лишь эпизодически (в случаях явного предпочтения одной из сторон), в настоящей работе после каждого неправильного выбора повторно предъявляли ту же комбинацию стимулов – до получения правильного ответа. Если ворона устойчиво предпочитала выбирать стимулы, расположенные с одной из сторон подноса, или использовала правило выбора по несоответствию с образцом, то в пробах коррекции квазислучайно чередовали сторону размещения подкрепляемого стимула.

В качестве критерия обученности был выбран следующий – не меньше 80% правильных решений в 72 предъявлениях подряд ($p < 0.0001$), при этом не меньше 80% для 24 предъявлений каждой категории стимулов ($p < 0.01$).

Уровень достоверности правильных решений оценивали по биномиальному тесту в программе "STATGRAPHICS" (версия 5.0). Достоверность различий между долями правильных решений вычисляли с помощью метода определения ошибки разности между выборочными долями по критерию Стьюдента (двусторонний тест) в программе "STATISTICA for Windows" (версия 5.01).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С каждой птицей было проведено 5184 предъявления задачи, что потребовало от 14 до 16 мес. При этом ни одна из ворон так и не достигла критерия обученности. Тем не менее полученные данные позволяют проанализировать особенности поведения птиц на ранних стадиях формирования обобщения.

Для анализа полученные данные разделили на 72 блока по 72 предъявления в каждом. В каждом блоке подсчитывали число правильных и неправильных, а также односторонних выборов. Это позволило наряду с периодами случайного выбора выявить отрезки, на которых птицы использовали определенные стратегии поведения ($p \leq 0.01$): выбор по соответствию с образцом, выбор по несоответствию с образцом и предпочтение определенной стороны.

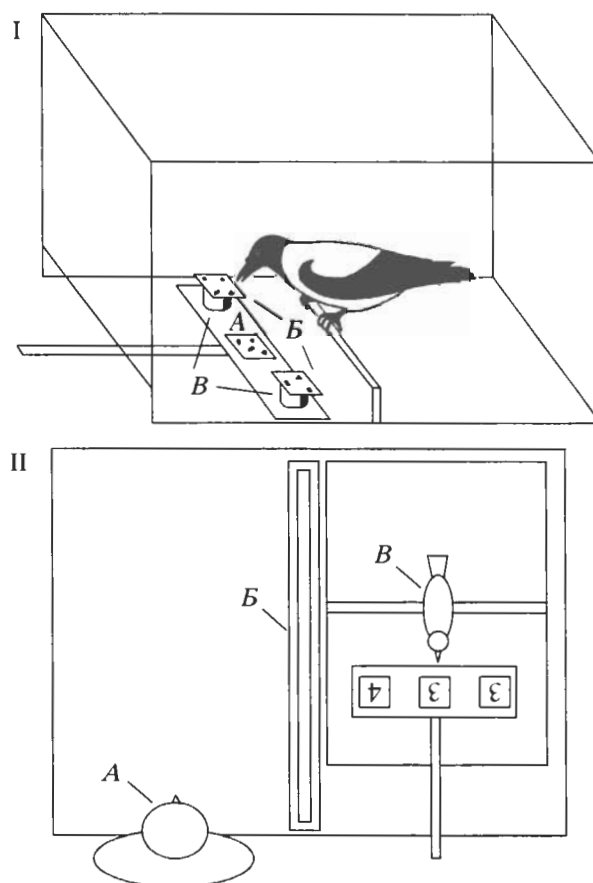


Рис. 1. Обстановка эксперимента (I) и схема взаимного расположения вороны и экспериментатора в момент выбора (II). На I: А – образец; Б – стимулы для выбора; В – кормушки; на II: А – экспериментатор; Б – непрозрачный экран; В – ворона.

На рис. 2 представлена динамика обучения четырех ворон. Из графиков видно, что в ходе обучения у всех четырех птиц неоднократно появлялись периоды, на протяжении которых они решали задачу правильно (выбирали по соответствию с образцом) на высокозначимом уровне ($p \leq 0.01$). Такие периоды появлялись на разных этапах обучения (рис. 2). Например, у вороны № 4 уже в 7-м блоке (после 432 предъявлений задачи) было 69.4% правильных решений ($p = 0.001$); у вороны № 3 в 11-м блоке – 68.1% ($p = 0.002$); у вороны № 1 в 13-м блоке – 66.7% ($p = 0.005$). В то же время ворона № 2 начала использовать правильную стратегию выбора (66.7%, $p = 0.005$) только в 59-м блоке (после 4248 предъявлений). Общее число эпизодов, в которых птицы действительно использовали правила выбора по образцу, составило 4, 2, 4 и 10 для ворон № 1, 2, 3 и 4 соответственно. Тем не менее ни у одной из них доля правильных решений в 72 предъявлениях подряд так и не превысила даже 70%. Так и не достигнув критерия, вороны вновь возвращались к случайному выбору или склонялись к предпочтению стимулов, расположенных с определенной стороны.

Таблица 1. Последовательность из 72 комбинаций стимулов трех категорий

№	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка	№	Левая карточка	Карточка-образец	Правая карточка
1	Б	Б	С ¹	37	3 ^М	3 ^М	4 ^М
2	4 ^М	3 ^М	3 ^М	38	3 ^М	1 ^М	1 ^М
3	1 ^Ц	4 ^Ц	4 ^Ц	39	С ¹	С ¹	Б
4	2 ^М	2 ^М	3 ^М	40	2 ^Ц	2 ^Ц	1 ^Ц
5	С ²	С ¹	С ¹	41	Б	Ч	Ч
6	2 ^Ц	2 ^Ц	3 ^Ц	42	4 ^М	4 ^М	1 ^М
7	2 ^М	2 ^М	1 ^М	43	2 ^Ц	3 ^Ц	3 ^Ц
8	С ¹	Ч	Ч	44	1 ^М	2 ^М	2 ^М
9	4 ^Ц	4 ^Ц	3 ^Ц	45	С ¹	С ¹	С ²
10	1 ^Ц	1 ^Ц	2 ^Ц	46	4 ^Ц	1 ^Ц	1 ^Ц
11	1 ^М	4 ^М	4 ^М	47	3 ^Ц	3 ^Ц	4 ^Ц
12	Б	С ²	С ²	48	Ч	С ²	С ²
13	3 ^Ц	3 ^Ц	1 ^Ц	49	1 ^М	1 ^М	2 ^М
14	4 ^М	1 ^М	1 ^М	50	2 ^Ц	4 ^Ц	4 ^Ц
15	С ²	С ²	Б	51	Б	С ¹	С ¹
16	3 ^Ц	2 ^Ц	2 ^Ц	52	1 ^Ц	1 ^Ц	3 ^Ц
17	3 ^М	3 ^М	2 ^М	53	3 ^М	3 ^М	1 ^М
18	2 ^М	2 ^М	4 ^М	54	2 ^Ц	1 ^Ц	1 ^Ц
19	С ¹	С ²	С ²	55	Ч	Ч	С ¹
20	4 ^Ц	3 ^Ц	3 ^Ц	56	2 ^М	4 ^М	4 ^М
21	Б	Б	Ч	57	3 ^Ц	3 ^Ц	2 ^Ц
22	3 ^Ц	4 ^Ц	4 ^Ц	58	4 ^М	2 ^М	2 ^М
23	С ²	С ²	Ч	59	Ч	Б	Б
24	3 ^М	4 ^М	4 ^М	60	Б	Б	С ²
25	Ч	Ч	Б	61	4 ^М	4 ^М	3 ^М
26	1 ^М	1 ^М	3 ^М	62	4 ^Ц	2 ^Ц	2 ^Ц
27	1 ^Ц	3 ^Ц	3 ^Ц	63	С ¹	С ¹	Ч
28	4 ^М	4 ^М	2 ^М	64	2 ^М	1 ^М	1 ^М
29	С ²	Б	Б	65	1 ^Ц	2 ^Ц	2 ^Ц
30	1 ^М	3 ^М	3 ^М	66	Ч	Ч	С ²
31	4 ^Ц	4 ^Ц	2 ^Ц	67	1 ^М	1 ^М	4 ^М
32	3 ^М	2 ^М	2 ^М	68	С ²	Ч	Ч
33	С ²	С ²	С ¹	69	4 ^Ц	4 ^Ц	1 ^Ц
34	3 ^Ц	1 ^Ц	1 ^Ц	70	2 ^М	3 ^М	3 ^М
35	2 ^Ц	2 ^Ц	4 ^Ц	71	С ¹	Б	Б
36	Ч	С ¹	С ¹	72	1 ^Ц	1 ^Ц	4 ^Ц

Примечание. Надстрочные символы (Ц) и (М) обозначают соответственно цифры и множества; Б, С¹, С², Ч – белая, светло-серая, темно-серая и черная карточки соответственно. Серые ячейки соответствуют стимулам, под которыми находилось подкрепление.

У одной вороны (№ 2) был выявлен период применения альтернативной стратегии – выбор по несоответствию с образцом (35-й блок, 36.1%, $p = 0.018$).

У всех ворон часто наблюдалась тенденция к односторонним выборам (рис. 2). У разных птиц

число таких эпизодов варьировало от 21 до 46 (из 72 возможных). У двух птиц (№ 1 и 3) склонность к предпочтению стороны усилилась во второй половине обучения: в первой половине у них было 19 и 6 таких эпизодов соответственно, а во второй – 27 и 23 (рис. 2). У всех птиц наблюдалась одна и та же

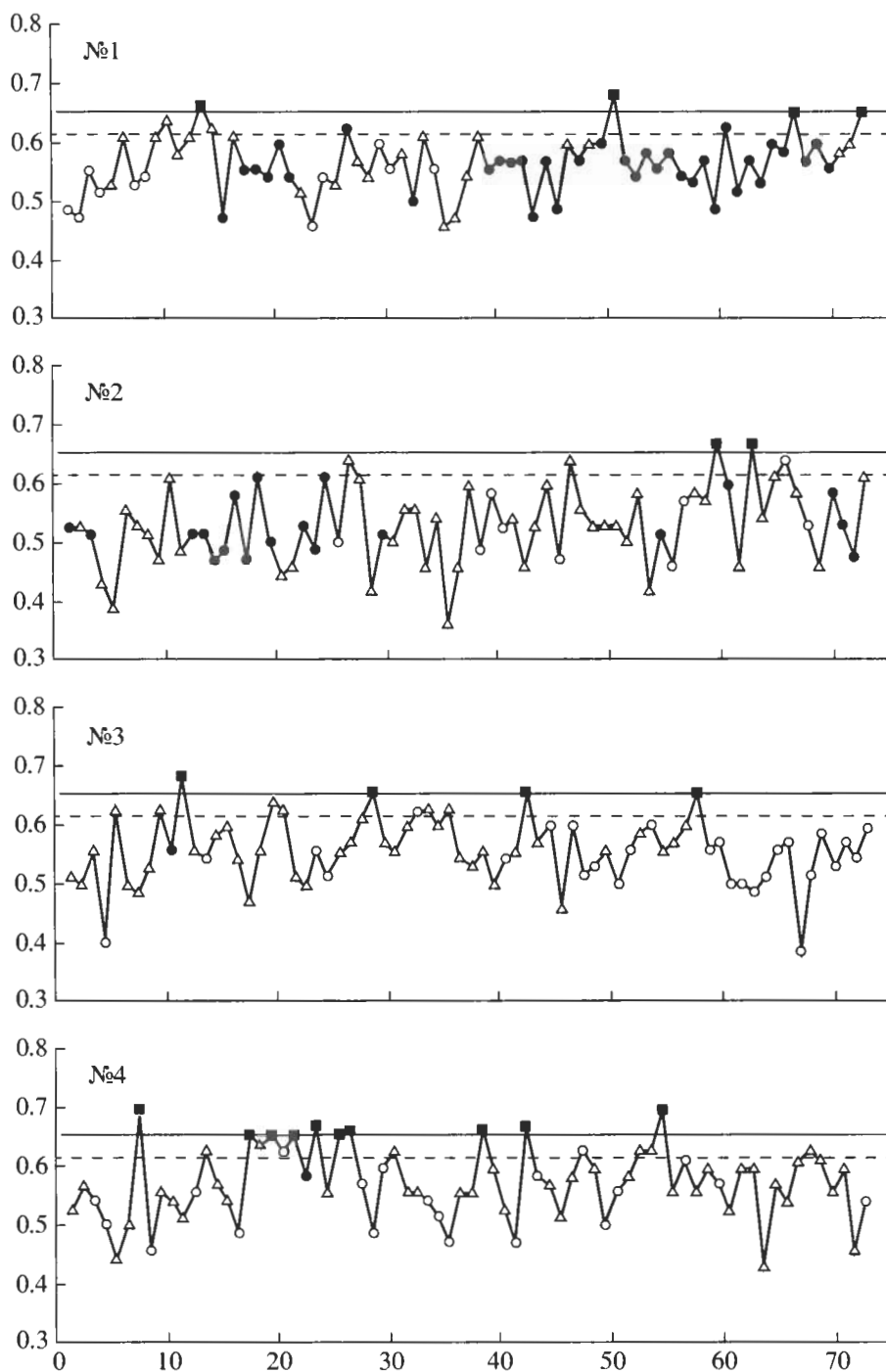


Рис. 2. Динамика обучения. По горизонтали – номера блоков по 72 предъявления в каждом, по вертикали – доля правильных решений. Пунктирной и сплошной линиями на графиках обозначены соответственно уровни значимости, равные 0.05 и 0.01. Стратегии выбора ($p \leq 0.01$): темные квадраты – выбор по соответствию с образцом; светлые треугольники – случайный выбор ($p > 0.01$); светлые кружки – предпочтение левой стороны; темные кружки – предпочтение правой стороны.

закономерность: все они чаще выбирали кормушку, расположенную рядом с непрозрачным экраном, загораживавшим экспериментатора.

Для дальнейшего анализа использовали две группы данных. В одну включили все блоки с 5-го

по 72-й. Первые 4 блока (288 предъявлений) были исключены из анализа, как заведомо начальный период обучения. Во вторую группу – те блоки, где доля правильных решений достоверно превышала случайный уровень, т.е. в которых птицы исполь-

Таблица 2. Сравнение результатов выбора в комбинациях, в которых образец был абсолютно идентичен соответствующей карточке для выбора, и в комбинациях, в которых образец и “правильная” карточка для выбора относительно соответствовали друг другу по признаку числа. А – в блоках с 5-го по 72-й; Б – в тех блоках, доля правильных решений в которых высокозначимо превышала случайный уровень ($p \leq 0.01$)

	№ вороны	Доля правильных решений, %		Достоверность различий между (1) и (2)
		абсолютное сходство (1)	относительное сходство (2)	
А	1	56.71	56.43	$p = 0.85$
	2	52.79	53.49	$p = 0.64$
	3	56.00	55.80	$p = 0.89$
	4	57.94	56.19	$p = 0.24$
Б	1	64.06	67.71	$p = 0.54$
	2	66.67	66.67	$p = 1$
	3	67.19	63.54	$p = 0.54$
	4	69.38	61.25	$p = 0.03$

Таблица 3. Сравнение результатов выбора в комбинациях с большей и в комбинациях с меньшей разницей между стимулами. А – в блоках с 5-го по 72-й; Б – в тех блоках, доля правильных решений в которых высокозначимо превышала случайный уровень ($p \leq 0.01$)

	№ вороны	Доля правильных решений, %		Достоверность различий между (1) и (2)
		меньшая разница между стимулами (1)	большая разница между стимулами (2)	
А	1	57.05	56.56	$p = 0.80$
	2	54.78	51.16	$p = 0.04$
	3	57.48	54.96	$p = 0.15$
	4	57.60	56.92	$p = 0.69$
Б	1	72.92	66.67	$p = 0.34$
	2	70.83	72.92	$p = 0.82$
	3	64.58	66.67	$p = 0.76$
	4	68.33	65.83	$p = 0.56$

зовали именно стратегию выбора по образцу ($p \leq 0.01$).

Можно было предположить, что успешность выбора зависит от категории, к которой принадлежали предъявляемые стимулы. Например, выявление соответствия между стимулами с изображениями гетерогенных множеств (категория признака – число элементов) кажется сложнее, чем выявление соответствия между абсолютно идентичными стимулами, принадлежащими к категориям “конфигурация линий” или “ахроматическая окраска”. Напомним, что стимулы с изображениями одинаковых множеств соответствовали друг другу только по

признаку числа, тогда как цвет, расположение и форма составляющих их элементов различались. Для анализа влияния категории признака на долю правильных решений сравнивали суммарные результаты выбора в тех комбинациях, в которых образец был абсолютно идентичен соответствующей карточке для выбора (категории “конфигурация линий” и “ахроматическая окраска”), с теми, где образец и “правильная” карточка для выбора соответствовали друг другу по числу элементов, но не были идентичными по остальным признакам. Попарное сравнение суммарных долей правильных выборов в блоках с 5-го по 72-й не выявило различий ни у одной из птиц (табл. 2, А). Однако, когда то же сравнение провели для блоков с высоким уровнем правильных решений, выяснилось, что ворона № 4 решала задачу с множествами немного хуже, чем со стимулами других категорий ($p = 0.03$, табл. 2, Б).

Кроме того, можно было бы предположить, что птицам легче осуществить правильный выбор, когда сравниваемые стимулы сильнее отличаются друг от друга. Например, различия между белой и черной карточками очевиднее, чем различия между белой и светло-серой. Аналогично различия между карточкой с изображением одного элемента и карточкой с изображениями четырех элементов очевиднее, чем различия между изображениями трех и четырех элементов. Столь же однозначно классифицировать степень различий между стимулами, принадлежащими к категории “конфигурация линий”, не представляется возможным, поэтому мы проанализировали влияние степени различий на суммарную долю правильных решений для комбинаций, составленных из стимулов категорий “ахроматическая окраска” и “число элементов”. Все такие комбинации были разделены на две группы. В группу с большими различиями между стимулами вошли: комбинации белой и черной карточек, белой и темно-серой карточек, светло-серой и черной карточек; комбинации множеств 1 и 4, 1 и 3, 2 и 4. В группу с меньшими различиями – комбинации светло-серой и темно-серой карточек, белой и светло-серой карточек, темно-серой и черной карточек; комбинации множеств 2 и 3, 1 и 2, 3 и 4. Анализ, проведенный в блоках с 5-го по 72-й, выявил незначительно большее число правильных решений при меньших различиях между стимулами ($p = 0.04$, табл. 3, А) только у одной вороны (№ 2). При рассмотрении блоков с высоким уровнем правильных решений выяснилось, что степень различий между стимулами не оказывала влияния на долю правильных решений ($p > 0.05$, табл. 3, Б).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в условиях, когда одна конкретная комбинация стимулов повторяется не чаще, чем через 71 предъявление, вороны все же могут выявить и в отдельных блоках более-менее успешно использо-

вать правило выбора по образцу ($p \leq 0.01$). Однако они не способны стабильно следовать этому правилу и достичь установленного критерия обученности в пределах 5000 предъявлений (80% правильных решений в 72 пробах подряд).

Не исключено, разумеется, что продолжение экспериментов в конце концов привело бы к желаемому результату, однако обучение заняло бы больше времени, чем при ранее использованном варианте методики, когда четыре вороны из шести усвоили правило выбора по образцу после 1780, 2360, 3830 и 5260 предъявлений, что потребовало соответственно 3, 4.5, 5.5 и 9.5 мес. [4, 19]. Следовательно, модернизированный режим обучения оказался малоэффективным и непригодным для подготовки птиц к исследованию их способности к построению аналогий и усвоению символов.

Что же отличало одну процедуру обучения от другой? На эффективность обучения могли влиять многие факторы. Например, предыдущая версия методики [4, 19] позволяла птицам усваивать частные правила выбора, не связанные с логической структурой задачи, но, тем не менее, обеспечивавшие ее успешное решение. Таким образом, птицы получали некий положительный опыт, который мог облегчить дальнейшее обучение.

В модернизированном варианте методики с самого начала обучения использовали 72 комбинации стимулов сразу всех трех категорий. Благодаря этому становилось маловероятным формирование частных правил выбора для конкретных комбинаций стимулов [15, 16, 23, 24]. При таком способе подачи информации успешное решение было возможно только в случае выявления единого правила, основанного на довербальном понятии "соответствие". Вороны рано или поздно выявляли это правило, однако по каким-то причинам не могли использовать его достаточно долго.

Для верной оценки эффективности обучения важен выбор критерия обученности. Этот критерий, после достижения которого экспериментатор считает, что животное усвоило задачу, устанавливается в известной степени произвольно. В разных работах обучение проводят до достижения 75–95% правильных решений на отрезках от 12 до нескольких тысяч предъявлений [9, 14, 22]. Чем строже критерий, тем больше шансов, что животное действительно усвоило задачу. С другой стороны, для достижения слишком строгого критерия может потребоваться чересчур много времени, или же он может вообще превышать реальные возможности данного животного.

В ранее использованном нами варианте методики [4, 19] выбранный критерий обученности требовал достижения 80% правильных решений на отрезке из 30 проб. Есть вероятность, что если бы мы добивались этого уровня правильных решений на более длинном отрезке (60, 70 или 90 предъявлений), то вороны успешно перенесли бы правило выбора на стимулы других категорий и не потре-

бовалось бы несколько раз циклически чередовать три базовых набора стимулов. С другой стороны, если птицы действительно запоминали частные правила выбора, то более длительное обучение с каждым набором могло привести лишь к более твердому заучиванию этих правил и не облегчило бы решения задачи с другими стимулами. Обучение считали законченным, когда птицы достигали критерия в первых 30–50 предъявлениях каждого из трех базовых наборов стимулов [4, 19]. Таким образом, они должны были сохранять близкий к 80%-ному уровень правильных решений на протяжении достаточно длинного отрезка – не меньше 90 проб. Это служило доказательством их способности сохранять стабильно высокий уровень правильных решений, что было подтверждено последующими экспериментами.

В модернизированном варианте методики выбранный нами критерий обученности требовал от птиц сохранять высокий уровень правильных решений на протяжении 72 предъявлений задачи. Однако вороны достигали 80%-ного уровня только на коротких отрезках (от 8 до 32 проб), а в блоках из 72 проб так и не приблизились к этому уровню.

Отсутствие стабильной положительной динамики при использовании модернизированной методики могло быть связано также с особенностями данных птиц. Известно, что индивидуальные различия между воронами очень велики. Напомним, что в предыдущем эксперименте с задачей справились только четыре птицы из шести. Подобная выраженность индивидуальных различий между животными очень характерна для сложных форм обучения и для решения элементарных логических задач [1].

Таким образом, для обучения ворон отвлеченному правилу выбора по образцу эффективнее использовать поэтапный способ подачи информации, который позволяет животному обрабатывать ее по принципу от простого к сложному, от частного к общему.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный вариант методики (чередование с самого начала обучения 72 комбинаций стимулов трех различных категорий) оказался неэффективным – не ускорил формирование отвлеченного правила выбора по соответствию с образцом.

2. Для обучения ворон отвлеченному правилу выбора по образцу эффективнее использовать поэтапный способ подачи информации.

3. На успешность решения практически не влияли ни категория, к которой принадлежали используемые стимулы, ни степень различий между ними.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 01-04-48290), Швейцарского национального научного фонда (грант IP 7 № 62645) и MCCR Neurol Plasticity and Repair.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина З.А. Элементарное мышление птиц и млекопитающих: экспериментальные исследования // Язык в океане языков. Новосибирск: Сибирский хронограф. 1993. С. 160–172.
2. Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественная оценка серой вороной множеств, состоящих из 15–25 элементов // Журн. высш. нерв. деят. 1996. Т. 46. № 2. С. 298–301.
3. Лазарева О.Ф., Смирнова А.А., Раевский В.В., Зорина З.А. Исследование способности серых ворон к решению теста на транзитивное заключение: предварительные данные // Докл. РАН. 2000. № 35. С. 163–166.
4. Смирнова А.А., Зорина З.А., Лазарева О.Ф. Обучение серых ворон (*Corvus cornix* L.) отвлеченному правилу выбора по соответствию / несоответствию с образцом // Журн. высш. нерв. деят. 1998. Т. 48. № 5. С. 855–867.
5. Смирнова А.А., Лазарева О.Ф., Зорина З.А. Исследование способности серых ворон к элементам символизации // Журн. высш. нерв. деят. 2002. Т. 52. № 2. С. 241–254.
6. Фирсов Л.А. По следам Маугли? // Язык в океане языков. Новосибирск: Сибирский хронограф. 1993. С. 44–59.
7. Carter D.E., Werner T.J. Complex learning and information processing by pigeons: a critical analysis // J. Exp. Anal. Behav. 1978. V. 29. P. 565–601.
8. D'Amato M.R., Salmon D.P. Cognitive processes in cebus monkeys // Animal Cognition / Eds Roitblat H.R., Bever T.G., Terrace H.S. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1984. P. 149–168.
9. D'Amato M.R., Salmon D.P., Loukas E., Tomie A. Processing of identity and conditional relations in monkeys (*Cebus apella*) and pigeons (*Columba livia*) // Anim. Learn. and Behav. 1986. V. 14. № 4. P. 365–373.
10. Herbranson W.T., Fremouw T., Shimp C.P. The randomization procedure in the study of categorization of multidimensional stimuli by pigeons // J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Proc. 1999 V. 25. № 1. P. 113–134.
11. Herman L.M., Hovancik J.R., Gory J.D., Bradshaw G.L. Generalization of visual matching by a bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*): Evidence for invariance of cognitive performance with visual and auditory materials // J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Proc. 1989. V. 15. P. 124–136.
12. Lazareva O.F., Smirnova A.A., Zorina Z.A., Raevsky V.V. Hooded crows solve a transitive inference problem cognitively // Anim. Welfare. 2001. V. 10. P. 219–231.
13. Lionello-DeNolf K.M., Urcuioli P.J. Transfer of pigeons' matching to sample to novel sample locations // J. Exp. Anal. Behav. 2000. V. 73. № 2. P. 141–161.
14. Oden D.L., Thompson R.K., Premack D. Spontaneous transfer of matching by infant chimpanzees (*Pan troglodytes*) // J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Proc. 1988. V. 14. № 2. P. 140–145.
15. Overman W.H., Doty R.W. Prolonged visual memory in macaques and man // J. Neurosci. 1980. V. 5. P. 1825–1831.
16. Pisagreta R., Gough D., Kramer J., Schultz W. Some factors that influence transfer of oddity performance in the pigeon // Psychol. Rec. 1989. V. 39. P. 221–246.
17. Premack D. On the abstractness of human concepts: why it would be difficult to talk to a pigeon // Cognitive Processes in Animal Behavior / Eds Hulse S.H., Fowler H., Honig W.K. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc., 1978. P. 423–451.
18. Premack D. Animal cognition // Ann. Rev. Psychol. 1983. V. 34. P. 351–362.
19. Smirnova A.A., Lazareva O.F., Zorina Z.A. Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning // J. Expt. Anal. Behav. 2000. V. 73. P. 177–193.
20. Tomasello M., Call J. Primate cognition // New York, Oxford: Oxford Univ. Press, 1997. 517 p.
21. Wasserman E.A., Fagot J., Young M.E. Same-different conceptualization by baboons (*Papio papio*): the role of entropy // J. Comp. Psychol. 2001 V. 115. № 1. P. 42–52.
22. Wilson B., Mackintosh N., Boakes R. Matching and oddity learning in the pigeon: Transfer effects and the absence of relational learning // Quart. J. Exp. Psychol. 1985. V. 37B. P. 295–311.
23. Wright A.A., Cook R.G., Rivera J.J. et al. Concept learning by pigeons: Matching to sample with trial unique video picture stimuli // Anim. Learn. and Behav. 1988. V. 16. P. 436–444.
24. Wright A.A., Shyan M., Jitsumori M. Auditory same/different concept learning by monkeys // Anim. Learn. and Behav. 1990. V. 18. P. 287–294.

A Larger Set of Training Stimuli Does Not Facilitate Matching Learning in Crows

A. A. Smirnova, M. S. Bagotskaya, Z. A. Zorina

Department of Higher Nervous Activity, Lomonosov State University, Moscow

It was shown that a large set of training stimuli promotes abstract concept learning. These experiments were designed to assess whether an application of a large set of training stimuli would facilitate matching learning in crows. Four hooded crows were trained with a set of 72 unique combinations of stimuli in two-alternative simultaneous matching tasks with stimuli of three different categories: achromatic color (white, light-grey, dark-grey, and black), shape (Arabic numerals from 1 to 4 used as visual shapes only), and number of elements (heterogeneous graphic arrays from 1 to 4 items). Although the performance of all crows was significantly above chance ($p < 0.01$) in some 72-trial blocks, birds were unable to establish matching and to reach the criterion of learning 80% correct or better over 72 consecutive trials in 5184 trials. Thus, the modified training procedure was less efficient than the training technique previously used (successive cyclic repetition of three small sets of training stimuli), which allowed four of six crows to acquire the matching rule after 1780, 2360, 3830, and 5260 trials [4, 9].

Key words: concept formation, matching-to-sample, crows, training technique