

В.А. НЕПОМНЯЩИХ

Цели поведения животного

Поведение животных в целом адаптивно: они успешно решают разнообразные задачи, чтобы удовлетворить свои потребности, например в пище. Однако это не означает, что поведение состоит только в достижении таких частных целей. В действиях животного постоянно присутствует «глобальная» цель, независимая от конкретных потребностей: достижение определенного баланса между поиском новой, непредсказуемой стимуляции и стремлением к предсказуемости результатов своего поведения. Эта цель обеспечивает адаптацию в более широком смысле, чем удовлетворение частных потребностей. Она позволяет животному осваивать закономерности мира, в котором оно живет, изменять свое поведение в зависимости от изменений в окружающей обстановке, а также самостоятельно выбирать задачи, которые оно будет решать. В то же время, она может мешать адаптивному решению той или иной частной задачи.

V. A. Nepomnyashchikh. Goals in animal behavior. Animal behavior is generally adaptive: animals are able to solve their problems successfully in order to fulfill their needs, e. g. a need in food. However, this does not mean that the animal behavior is restricted by these particular tasks only. There is a global goal of behavior which persists permanently and independently of these needs. The goal is to reach a balance between searching for new, unpredictable stimulation, and striving for predictable results of its own behavior. The existence of this goal ensures a more profound adaptation than a simple fulfillment of needs. It allows an animal to master its world, adjust its behavior to a changing environment and autonomously choose problems to solve. On the other hand, this global goal may hinder an adaptive solving of particular problems.

Введение

Животные способны решать стоящие перед ними задачи в плохо предсказуемой, изменчивой естественной среде. Часто этот очевидный факт ведет к упрощенным представлениям о поведении и его целях. Согласно этим представлениям, поведение животного сводится к решению набора частных задач, таких как питание, размножение или защита от хищников. Считают также, что в ходе эволюции у животных сформировалось поведение, цель которого - максимально адаптивное решение этих задач. Если в эксперименте оказывается, что животное ведет себя не адаптивно, это рассматривается как следствие различных ограничений. Такими ограничениями могут быть недостаточное развитие органов чувств и ЦНС, ограниченная память или отсутствие у животного информации для «правильного» решения задачи и т.п. (Stephens, Krebs, 1986).

Однако данные об организации поведения животных показывают, что они могут преследовать цель более высокого уровня, чем решение набора задач, пусть даже и весьма объемного. Стремление к этой цели в конечном итоге обеспечивает выживание животного, но, в то же время, может вступать в противоречие с адаптивным решением конкретных задач. Здесь мы рассмотрим эти данные и их возможное значение для понимания организации поведения животных.

Поиск новизны животными

Степень адаптации к решению какой-либо частной задачи можно оценить, основываясь на моделях оптимального поведения. Эти модели основаны на следующем допущении: поведение животного направлено на достижение максимальной выгоды при минимуме затрат времени и энергии (Stephens, Krebs, 1986). Например, если у животного есть выбор между двумя участками с кормом, то для достижения этой цели требуется сосредоточить сбор корма на том участке, где его плотность выше и где его легче найти и собрать (Charnov, 1976; Green, 1987).

Исследования пищевого поведения животных показывают, что оно в целом соответствует предсказаниям моделей — но только при условии, что уровень голода высок. Если же пищевая мотивация не слишком сильна, то наблюдаются существенные отклонения от оптимального поведения. Примером могут служить эксперименты с монгольскими песчанками, в которых эти грызуны могли выбирать, на каком из двух участков искать пищу (Forkman, 1996). На одном участке находились необработанные зерна, а на другом — очищенные. В другом эксперименте на одном участке зерна были приклеены к палочкам (что затрудняло их сбор), а на другом — нет. В обоих экспериментах песчанки могли видеть пищу одновременно на обоих участках и чаще выбирали участки, где для кормления требовалось меньше усилий, т. е. с зернами без оболочки и не приклеенными. Такое поведение можно рассматривать как оптимальное решение задачи.

Однако поведение песчанок менялось, если на одном из участков зерна были по-прежнему хорошо видны, а на другом были прикрыты крышками или лежали на маскирующей поверхности, так что полевки не могли обнаружить их сразу. Песчанки выбирали второй участок, где им приходилось тратить время и усилия на поиск зерен.

Аналогичные результаты получены со скворцами. Им предлагали миски с одинаковым количеством корма, смешанного с песком. Одна из мисок была прикрыта прозрачной крышкой, а другая — непрозрачной, причем скворцы могли легко пробить крышки клювом и достать корм. Птицы предпочитали добывать корм в миске с непрозрачной крышкой, несмотря на то, что им приходилось искать там корм вслепую. Это предпочтение имело место, даже если корма в миске с непрозрачной крышкой было меньше (Bean et al., 1999). В другом эксперименте скворцы чаще выбирали для питания участки с менее предсказуемым расположением пищи по сравнению с участками, где пищевые объекты были расположены всегда одинаково (Talling et al., 2002).

Таким образом, животные не обязательно выбирают наиболее адаптивный способ решения задачи. Такому решению препятствует их стремление к участкам с непредсказуемыми свойствами, к новизне. Подобное поведение было обнаружено у животных самых разных видов. Чтобы объяснить это, была выдвинута гипотеза «уменьшения неопределенности» — «uncertainty reduction» (Inglis et al., 1997; Inglis, 2000; Inglis et al., 2001). Гипотеза предполагает, что у животного постоянно присутствует мотивация к сбору информации о среде. Пока другие мотивации, например, голод, слабы, эта мотивация доминирует и соответствующее ей исследовательское поведение приводит к уменьшению неопределенности среды. При промежуточном уровне голода пищевое поведение и исследование среды осуществляются одновременно, но не оптимальным образом, так как одно мешает другому. Только при сильном голоде и наличии пищи исследовательское поведение подавляется (Inglis, Langton, 2006).

Аналогичные отклонения от оптимального поведения известны и у беспозвоночных, например, у муравьев. Если им в знакомом лабиринте предлагают находить и транспортировать в гнездо собственных куколок, то муравьи идут к куколкам по кратчайшему

пути. Если же в том же лабиринте находится пища, то муравьи могут тратить время на блуждание в лабиринте, несмотря на то, что местонахождение пищи им хорошо известно. Такое поведение можно понять, если учесть, что возвращение куколок в гнездо гораздо важнее добывания пищи. В последнем случае пищевое поведение сочетается с исследованием лабиринта (Удалова, Карась, 1986).

Стремление к предсказуемости

Наряду с поиском новизны у животных известна и противоположная тенденция: стремление к предсказуемой среде, в том числе к предсказуемости результатов своих действий, что дает возможность контроля над средой. Например, у ночных грызунов — оленьих хомячков, которые обычно избегают яркого света, реакция на него различна в зависимости от ожиданий животного. При искусственном суточном ритме освещения и темноты хомячки нажимали на рычаг, чтобы выключить свет, когда он автоматически включался в определенное, предсказуемое время. Однако если свет неожиданно выключался днем, они нажимали на рычаг, чтобы включить его. Их стремление к контролю над средой, неприязнь к непредсказуемым изменениям оказалось сильнее неприязни к свету (Каванау, 1963).

Стремление к предсказуемости, как и стремление к новизне, часто оказывается неадаптивным с точки зрения теории оптимального поведения и просто непонятным с позиций прямолинейного адаптационизма. Например, крысам в эксперименте предоставляли выбор между двумя ситуациями, в которых они получали удар током. В одной ситуации удар следовал в предсказуемые моменты времени, а в другой — нет. Крысы предпочитали предсказуемую ситуацию. Это предпочтение наблюдалось даже если предсказуемый удар был в несколько раз сильнее непредсказуемого (Badia et al., 1979). Подобные факты можно объяснить тем, что животному необходимо подтверждение своей способности контролировать внешнюю среду (Brembs, 2009), и эта необходимость может пересиливать страх.

Предпочтение новизны, с одной стороны, и предсказуемости и контроля — с другой, внешне противоречат друг другу. В связи с этим делаются попытки выработать единое представление о стремлении животных к предсказуемости и непредсказуемости, а также о том, как эти стремления связаны с целями их поведения.

Баланс между новизной и предсказуемостью

Стремление к новизне может ограничивать способность животного оптимально решать текущие задачи. Однако это стремление, в свою очередь, может быть ограничено тем объемом новой информации, которое животное готово воспринимать. Поэтому в поведении животных можно увидеть стремление к равновесию между новизной и предсказуемостью. Это лучше всего видно при ознакомлении животного с новой для него обстановкой, например при исследовании мышами круглой арены, на которую мыши могут выходить из убежища (Benjamini et al., 2011; Fonio et al., 2009). В поведении мышей можно выделить повторяющиеся поведенческие последовательности (далее — «мотивы»). Мыши, выйдя из убежища на начальной стадии обследования, бегут вдоль стенки арены в определенную сторону (вправо или влево), возвращаются к убежищу, снова бегут в ту же сторону, но при этом проходят большее расстояние, снова возвращаются и т.д. Затем это поведение сменяется другим мотивом: повторяющимися и постепенно удлиняющимися пробегами в противоположную сторону. За этим следуют выходы к центру арены, также повторяющиеся один за другим, причем с каждым

повторением мышь все больше приближается к центру. В ходе обследования мотив может усложняться: например, включать в себя пробег вдоль стенки с выходом в центр арены. Такие сложные мотивы также повторяются. Наконец, мотивы, сменившиеся другими мотивами, могут проявиться снова и при этом также повторяются.

Аналогичные мотивы мы наблюдали у рыб, именно, плотвы *Rutilus rutilus*, помещенной в аквариум сложной формы, с многочисленными углами (неопубликованные данные). Мотив мог быть выражен челночными перемещениями вдоль стенки, ограниченной двумя углами. Затем следовали такие же челночные перемещения вдоль других стенок. Как и у мышей, простые мотивы усложнялись: например, имело место движение вдоль двух или трех смежных стенок. В этом случае рыбы не реагировали на углы, разделяющие эти стенки (рис. 1).

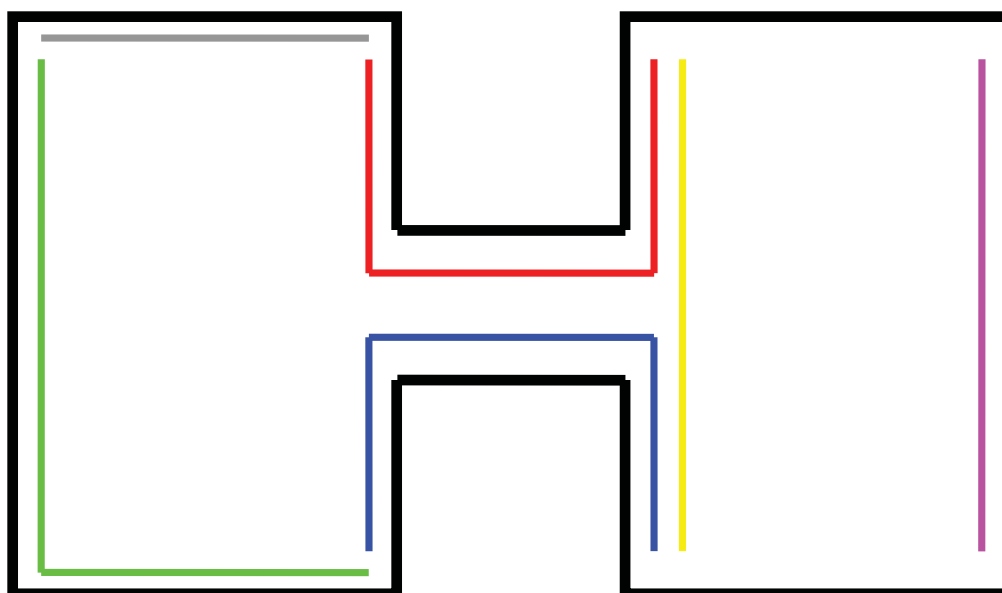


Рис. 1. Движение плотвы *Rutilus rutilus* (возраст 6 месяцев) в незнакомом аквариуме, состоящем из двух отсеков и соединительного коридора. Разными цветами обозначены разные мотивы. Каждый мотив состоит из челночного повторяющегося движения в обе стороны вдоль линии. Серая, желтая и розовая линии — движения вдоль стенки между двумя углами аквариума. Зеленая линия — движения вдоль двух смежных стенок; рыба игнорирует угол на стыке стенок. Красная и синяя линии — вдоль трех стенок. Желтая линия — между двумя углами; рыба игнорирует коридор, в отличие от мотивов, обозначенных красной и синей линиями.

Такое поведение можно объяснить следующим образом. Животное может усвоить в данный промежуток времени только ограниченный объем новой информации. Поэтому мотивы ограничены во времени и пространстве. При повторении мотива информация уже приобретенная становится привычной и к ней добавляется новая при удлинении и усложнении мотива (Benjamini et al., 2011).

По существу, это объяснение предполагает стремление животного к определенному балансу между новизной и предсказуемостью. Животное проверяет, насколько оно способно предсказывать и контролировать события в среде. Выполняя определенную цепочку действий (мотив), особь запоминает соответствующую им цепочку раздражителей. Повторяя эту цепочку в прямом и обратном порядке, она проверяет, насколько предсказуемы последствия ее действий, т.е. насколько в ее силах контролировать поток внешней стимуляции. Повторение мотива прекращается, и он сменяется другим после того, как предсказуемость достигает некоторого уровня. После этого мотив удлиняется или сменяется новым мотивом: животное проверяет, насколько предсказуема стимуляция на новых участках пространства.

«Произвольная» реакция на стимуляцию

В предыдущем разделе было сказано, что у рыб при смене мотива меняется также реакция на углы в аквариуме: если один мотив включает поворот в углу и движение в обратном направлении, то при выполнении другого мотива рыба может идти вдоль стенок аквариума, не обращая внимания на тот же самый угол. Такое «произвольное» переключение внимания к характеру внешних стимулов известно у многих животных, позвоночных и беспозвоночных. Примером переключения может служить поведение дрозофил в установке для имитации полета. Дрозофилу закрепляют на вертикальной оси за спинку так, чтобы её ноги не касались поверхности. В отсутствие контакта с поверхностью у мух запускается «полет», в том числе попытки поворачивать в горизонтальной плоскости вправо и влево с помощью маневров крыльями. Усилия, прилагаемые насекомым для поворота, измеряются датчиками. Если закрепленную дрозофилу поместить внутрь вращающегося цилиндра с нанесенными на его поверхность вертикальными полосами, то у неё наблюдается оптомоторная реакция: попытки поворачиваться вслед за движением полос.

Если же полосы в поле зрения левого глаза насекомого движутся влево, а полосы в поле зрения правого глаза — вправо, то дрозофила переключается с одного типа реакций на другой. В течение некоторого времени она пытается поворачиваться вслед за полосами в поле зрения левого глаза, а затем — за полосами в поле зрения правого глаза. Кроме того, время от времени муха перестает обращать внимание на движение полос и «летит» прямо.

Изменениям в поведении соответствуют изменения в активности нейронов зрительных центров дрозофилы. Когда она пытается следовать за полосами в левом поле зрения, активность нейронов, получающих сигналы от левого глаза, усиливается, а от правого — снижается. При смене изменения направлений поворотов соотношение активности нейронов меняется на противоположное. Это изменение нейронной активности происходит несмотря на то, что сигналы, поступающие от зрительных клеток на те и другие нейроны, не изменяются: закрепленная дрозофила не может повернуться на сколько-нибудь значительный угол и поэтому всегда видит одну и ту же картину — полосы, движущиеся в противоположные стороны (Tang, Juusola, 2010).

Аналогичным образом варьирует тенденция дрозофилы поворачивать в сторону движущихся изображений, например, квадрата и креста, нанесенных на вращающийся цилиндр и поочередно попадающих в поле её зрения. Насекомое может обращать внимание на квадрат, поворачиваться к нему каждый раз, когда видит его, но игнорировать крест, когда он появляется в поле зрения вместо квадрата. Затем отношение к этим изображениям изменяется на противоположное, снова восстанавливается и т.д. (Miller et al., 2012).

Вероятно, такое чередование периодов внимания к разным стимулам также можно объяснить с точки зрения поддержания баланса между новизной и предсказуемостью. При повторных попытках повернуться к изображению дрозофила получает одну и ту же стимуляцию. Соответственно, результат поворота предсказуем и насекомое переключается на другое изображение.

Баланс новизны и предсказуемости у робота.

Представления о балансе новизны и предсказуемости были использованы для программирования робота — «собаки» Aibo (Oudeyer, Kaplan, 2004; 2007). Для этого исследователи постулировали мотивацию к максимально успешному обучению как единственную цель поведения робота. Никаких конкретных задач, которые могли бы решаться с помощью обучения, роботу не ставили. Как и во многих других исследованиях в области искусственного интеллекта, использовали метод обучения, при котором агент предсказывает результат своих действий и затем измеряет ошибку предсказания: разность между предсказанным и полученным результатами.

В дополнение к этому, робот запоминает и динамику изменений ошибки при повторении определенного действия и определенной внешней стимуляции (например для повторных подъемов лапы в присутствии куклы в поле зрения). Чем быстрее снижается ошибка, тем, естественно, успешнее обучение. Если обучение идет успешно, то робот раз за разом повторяет это действие, варьируя его случайным образом. Если скорость снижения ошибки становится меньше некоторой пороговой величины, это означает, что в дальнейшем обучении нет смысла. В этом случае робот переключается на другую ситуацию, например, поворачивается к другому предмету.

Переключение происходит и тогда, когда ошибка выше порога, но не снижается при повторении действия: это означает, что данная ситуация непредсказуема, робот не может её контролировать, а потому попытки обучения бессмысленны. При переключении обычно выбирается такое действие, которое в прошлом обеспечивало наиболее быстрое снижение ошибки. Кроме того, с некоторой вероятностью новое действие может быть выбрано случайно. Наконец, результаты и ошибка предсказания того или иного действия со временем забываются. В результате робот может возвращаться к действиям и ситуациям, которые он уже «изучал» (Oudeyer, Kaplan, 2004).

По существу, мотивация к максимально успешному обучению аналогична мотивации к сохранению баланса новизны и предсказуемости: если ошибка велика и не снижается, то новизна слишком высока, если же она мала и снижается слишком медленно, то слишком высока предсказуемость. В обоих случаях робот меняет свое поведение, чтобы ввести соотношение новизны и предсказуемости в определенные пределы.

В эксперименте робот был помещен на площадку с различными предметами, которые могли сдвигаться, раскачиваться или издавать звук, если робот касался, толкал или кусал их (Рис. 2). В начале обучения робот мог совершать только элементарные действия: поднимать лапу, поворачивать голову, совершать «кусающие» движения ртом и фиксировать «глаза»-видеокамеры на объектах, попавших в его поле зрения. Выбор этих действий на начальном этапе обучения происходил случайным образом.

В ходе обучения поведение робота усложнялось. От простых движений головой и конечностями (Рис. 3) он переходил к движениям, направленным на определенные предметы (Рис. 4), к поворотам тела, передвижению в пространстве вперед и назад, а затем и к манипулированию предметами (Oudeyer et al., 2005; видеозапись постепенного усложнения поведения робота см.: <http://playground.csl.sony.fr/en/pag7-Video.html>). Это об-



Рис. 2. Робот Aibo на экспериментальной площадке. Здесь и далее фотографии с сайта <http://playground.csl.sony.fr/en>

условлено тем, что робот не только повторял, но и варьировал свои движения. Вариации приводили к тому, что очередное движение в сторону предмета могло случайно привести к тактильному контакту с ним, его раскачиванию или звуку. В результате ошибка предсказания результата действия увеличивалась и, соответственно, агент продолжал «изучать» новую ситуацию, пока не устанавливал предсказуемой связи между своими манипуляциями с предметом с их результатом.

Поведение робота было организовано во времени. Разные движения и манипуляции с объектами происходили не в случайном порядке. В некотором интервале времени агент был занят одним предметом, затем временно переключался на другой, потом на третий, затем мог снова вернуться к первому и т.д. Эта упорядоченность поведения была вызвана тем, что интерес к исследуемому объекту сохранялся определенное время, так как ошибка предсказания снижалась постепенно (Oudeyer, Kaplan, 2006).

Следует еще раз подчеркнуть, что роботу не ставились извне ни задача научиться ходить и манипулировать объектами, ни усложнение поведения в целом. Более того, формирование роботом сложного и разнообразного поведения было бы невозможно, если бы агенту была бы поставлена конкретная задача, например, научиться подходить к какому-нибудь предмету. Он бы выучился только подходить к нему, но не манипулировать им либо отступать назад (Oudeyer et al., 2005). Самостоятельное, не запрограмми-



Рис. 3. Начальная стадия обучения робота. Робот смотрит на игрушку, но движения правой передней ноги не согласованы с движением головы.

рованное заранее формирование разнообразных форм поведения происходило вследствие того, что вместо частных задач у робота была одна «глобальная» цель: поддерживать баланс между новизной и предсказуемостью.

Регуляция уровня стресса

Достижение баланса между новизной и предсказуемостью может и не быть самостоятельной целью поведения животного. Высокий уровень непредсказуемости среды, невозможность её контролировать действует как стрессовый фактор (Симонов, 1970). Соответствие скорости поступления новой информации имеющимся возможностям обработки новых сигналов способствует состоянию психологического комфорта. В этом случае текущее поведение продолжается (например, приближение к незнакомому объекту). Если поступление информации превышает возможности её обработки, то это является стрессовым фактором, поэтому животное выбирает более предсказуемую обстановку. И наоборот, если возможности оказываются большими, чем требуется, это также приводит к стрессу. В результате животное проявляет исследовательское поведение, стремление к новизне (Inglis, Langton, 2006).



Рис. 4. Продвинутая стадия обучения робота. Координированные движения головы и ноги при исследовании игрушки.

На этом основании можно предположить, что регуляция животным соотношения новизна/предсказуемость — лишь один из способов поддержания оптимального уровня стресса, которое и является целью поведения. Если это предположение верно, то и другие стрессовые факторы, помимо непредсказуемости, должны подавлять исследовательское поведение и увеличивать стремление к привычной обстановке. Именно это и происходит во многих случаях, например при стрессе, вызванном изоляцией от привычной обстановки. В частности, так можно объяснить стереотипное поведение при изолированном содержании животных в зоопарках. Изоляция является стрессовым фактором, а стереотипное поведение приводит к предсказуемому повторению одной и той же стимуляции. Эта предсказуемость снижает стресс. Аналогичным образом и другие стрессовые факторы (непредсказуемость среды, хищники, конфликты с особями своего вида), заставляют животное стремиться к предсказуемости (Попов, 2006; 2010).

Если же стресс слишком низок, животное стремится к новизне (Попов, 2010). В пользу этого предположения говорят данные об индивидуальных различиях в отношении к новизне у крыс. Разные особи в разной степени предпочитают новизну, если у них есть выбор между привычной обстановкой и незнакомой. У особей, склонных к новизне, в новой обстановке повышается уровень кортикостероидных гормонов, что является од-

ним из показателей стресса. Возможно, эти особи стремятся к более высокому уровню стресса, чем другие, поэтому и предпочитают новизну (Dellu et al., 1996).

Известно, что от уровня стресса зависит физическое состояние животных и, в конечном итоге, их способность к размножению и выживанию (Bassett, Buchanan-Smith, 2007). Таким образом, способность животного поддерживать определенное равновесие между предсказуемостью и непредсказуемостью имеет самостоятельный адаптивный смысл как регулятор стресса, независимо от влияния этой способности на решение частных задач.

Заключение

Приведенные данные показывают, что адаптивное решение частных задач, встающих перед животным, не является единственной целью его поведения. Наряду с этими целями есть и другая цель. Эта цель присутствует постоянно, независимо от конкретной задачи, которую решает животное. Она заключается в попытках достижения определенного баланса между предсказуемостью и непредсказуемостью среды, в которой действует животное. Предсказуемость означает, что можно предвидеть последовательность стимулов, которые организм получает при выполнении той или иной последовательности действий. Непредсказуемость означает, что предвидение не оправдывается. Цель, о которой идет речь, может препятствовать тому, чтобы решение той или иной частной задачи животным было не просто адаптивным, но и оптимальным — т.е. препятствовать максимизации отношения выгод к затратам.

С другой стороны, эта цель адаптивна в стратегическом смысле. Она позволяет найти приемлемое решение для тех же задач при изменении среды. Эта цель реализуется в виде исследовательского поведения и, в конечном итоге, позволяет построить когнитивную карту пространства, в которой решается задача. Например, при обучении находить корм в сложном лабиринте, крысы и другие животные не просто запоминают путь к кормушке, но осваивают лабиринт в целом. При этом они формируют последовательности действий, по существу аналогичные мотивам, о которых говорилось выше. Если в эксперименте привычный путь к кормушке закрывали перегородкой, животные быстро находили обходной путь, руководствуясь знанием структуры лабиринта (Никольская, Сагимбаева, 1986; Бережной, Никольская, 2012). Авторы этого исследования пришли к выводу, что «если мы хотим приблизиться к целенаправленному, а значит адаптивному поведению, необходимо учитывать, что достижение приспособительного результата, получение подкрепления, это лишь одна из задач, стоящих перед животным в среде, наряду с созданием образа пространства и выявлением причинно-следственных связей» (Бережной, Никольская, 2012). Аналогичным образом, поведение робота Aibo трудно назвать адаптивным с позиций прямолинейного адаптационизма. Он не решает конкретных задач, не говоря уже об оптимальном решении. Однако разнообразное поведение, которое у него формируется, могло бы стать основой для адаптивного поиска определенных предметов или решения других задач.

Еще одно адаптивное преимущество, которое дает стремление к указанному балансу, заключается в том, что он приводит к избеганию ситуаций, в которых животное не способно предвидеть изменения в среде и результаты своих действий: такие ситуации потенциально опасны. Наконец, это стремление помогает регулировать уровень стресса и, соответственно, повышает вероятность выживания животного.

И все же наиболее существенное следствие этого стремления — способность самостоятельно выбирать задачи поведения, осваивать различные навыки от передвижения

в пространстве до манипулирования предметами — как это показывает пример с развитием поведения робота. Важно отметить, что поиск равновесия между новизной и предсказуемостью, обеспечивающий самостоятельность, продолжается в течение всего развития организма. Многочисленные исследования развития психики детей, начиная с момента рождения, показывают, что именно этот поиск лежит в основе развития поведения ребенка — от способности самостоятельно усваивать простые причинно-следственные связи между событиями в окружающем мире до формирования социальных отношений (см. обзор: Oudeyer, Kaplan, 2007).

Присутствие в поведении животных глобальной цели позволяет лучше понять, насколько его организация отличается от организации поведения машин. В настоящее время активно ведутся разработки роботов для адаптивного решения заранее заданного набора конкретных задач. Во многих случаях управляющие ими программы основаны на знаниях о решении аналогичных задач животными (Floreano, Mattiuss, 2008). Тем не менее эти роботы остаются всего лишь машинами для выполнения определенных функций. Даже если роботу ставят целью сбор информации о среде, эта цель оказывается служебной, необходимой для решения частных задач. В отличие от машин, цель животного — достижение баланса между предсказуемостью и непредсказуемостью. Существование такой глобальной цели позволяет животному осваивать мир (включая собственные возможности), приобретать новые навыки и решать задачи, которые не поставлены извне, а формируются самостоятельно в ходе освоения мира.

Литература

- Бережной Д. С., Никольская К. А. 2012. Всегда ли поведение адаптивно? XIV Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2012»: Сборник научных трудов. В 3-х частях. Ч. 2. М.: НИЯУ МИФИ. С. 101–109.
- Никольская К. А., Сагимбаева Ш. К. 1986. Закономерности интегративной деятельности мозга позвоночных. Механизмы адаптивного поведения. Сборник научных трудов. Л.: Наука. С. 120–130.
- Попов С. В. 2006. Проблема адаптивности при исследованиях социальных структур. Журн. общ. биол. 67: 335–343.
- Попов С. В. 2010. Неопределенность внешней среды и возбуждение/стресс как детерминанты поведения. Журн. общ. биол. 71: 287–297.
- Симонов П. В. Теория отражения и психофизиология эмоций. М.: Наука, 1970. 141 с.
- Удалова Г. П., Карась А. Я. 1986. Асимметрия направления движения у муравьев *Mutrmica rubra* при обучении в лабиринте в условиях пищевой мотивации. Журн. высш. нервн. деят. 36: 707–714.
- Badia P., Harsh J., Abbott B. 1979. Choosing between predictable and unpredictable shock conditions: data and theory. Psychol. Bull. 86: 1107–1131.
- Bassett L., Buchanan-Smith H.M. 2007. Effects of predictability on the welfare of captive animals. Applied Animal Behaviour Science 102: 223–245.
- Bean D., Mason G.J., Bateson M. 1999. Contrafree loading in starlings: testing the information hypothesis. Behaviour 136: 1267–1282.
- Benjamini Y., Fonio E., Galili T., Havkin G. Z., Golani I. 2011. Quantifying the buildup in extent and complexity of free exploration in mice. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 108: Supplement 3, 15580–15587.
- Brembs B. 2009. The importance of being active. J. Neurogenet. 23: 120–126.
- Charnov E.L. 1976. Optimal foraging and marginal value theorem. Theor. Pop. Biol. 9: 129–136.

- Dellu F., Piazza P.V., Mayo W., Le Moal M., Simon H. 1996. Novelty-seeking in rats — biobehavioral characteristics and possible relationship with the sensation-seeking trait in man. *Neuropsychobiology* 34: 136–145.
- Floreano D., Mattiussi C. *Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies*. Cambridge, USA: MIT Press, 2008. 544 с.
- Fonio E., Benjamini Y., Golani I. 2009. Freedom of movement and the stability of its unfolding in free exploration of mice. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 106. P. 21335–21340.
- Forkman B. 1996. The foraging behaviour of mongolian gerbils: A behavioural need or a need to know? *Behaviour* 133: 129–143.
- Green R.F. 1987. Stochastic models for optimal foraging. *Foraging behaviour*, eds. Kamil A.C. Krebs J.R., Pulliam H.R. N. Y.: Plenum Press, P.273–302.
- Inglis I. R. 2000. The central role of uncertainty reduction in determining behaviour. *Behaviour* 137: 1567–1599.
- Inglis I. R., Forkman B., Lazarus J. 1997. Free food or earned food? A review and fuzzy model of contrafreeloading. *Animal Behaviour* 53: 1171–1191.
- Inglis I. R., Langton S. 2006. How an animal's behavioural repertoire changes in response to a changing environment: a stochastic model. *Behaviour* 143: 1563–1596.
- Inglis I. R., Langton S., Forkman B. Lazarus, J. 2001. An information primacy model of exploratory and foraging behaviour. *Animal Behaviour* 62: 543–557.
- Kavanau J. L. 1963. Compulsory regime and control of environment in animal behaviour. I. Wheel-running. *Behaviour* 20: 251–281.
- Miller S. M., Ngo T. T., Swinderen B., van. 2012. Attentional switching in humans and flies: rivalry in large and miniature brains. *Frontiers in Human Neuroscience* 5: Article 188, 1–17. www.frontiersin.org
- Oudeyer P.-Y., Kaplan F. 2004. Intelligent adaptive curiosity: a source of self-development. *Proceedings of the 4th International Workshop on Epigenetic Robotics?* eds Berthouze L. et al., Lund University Cognitive Studies 117: 127–130.
- Oudeyer P.-Y., Kaplan F., Hafner V. V., Whyte A. 2005. The playground experiment: Task-independent development of a curious robot. *Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Developmental Robotics, 2005*, eds Bank D., Meeden L., Stanford, California, USA, P. 42–47.
- Oudeyer, P.-Y. Kaplan, F. 2006. Discovering communication. *Connection Science* 18: 189–206.
- Oudeyer P.-Y., Kaplan F. 2007. What is intrinsic motivation? A typology of computational approaches. *Frontiers in Neurorobotics* 1: Article 6, 1–14. www.frontiersin.org
- Stephens D. W., Krebs J. R. 1986. *Foraging theory*. Princeton: Princeton Univ. Press, 247 p.
- Talling J. C., Inglis I. R., Van Driel K. S., Young J., Giles S. 2002. Effect of hunger on starling' preferences for food sources associated with variability or uncertainty. *Behaviour* 139: 1223–1235.
- Tang S., Juusola M. 2010. Intrinsic activity in the fly brain gates visual information during behavioral choices. *PLoS ONE* 5: 1–19. e14455. www.plosone.org

Непомнящих Валентин Анатольевич
кандидат биологических наук
Институт биологии внутренних вод РАН
непом@ibiw.yaroslavl.ru