

Д. Е. РАМЕЛХАРТ, Д.А. НОРМАН

НАРАЩИВАНИЕ, НАСТРОЙКА И ПЕРЕСТРОЙКА: ТРИ СПОСОБА НАУЧЕНИЯ *

До некоторой степени удивительно, что в современных исследованиях семантической памяти повсюду пренебрегают изучением научения. Вместо вышедшего из употребления термина *научение* пользуются смутными ссылками на "приобретение информации в памяти". Легко попасть в ловушку мнения, что научение какому-то предмету ограничивается приобретением системой памяти соответствующего набора утверждений по данной тематике. Согласно этому простому взгляду на вещи, хорошо научиться чему-либо, это значит, быть в состоянии восстановить заученное из памяти в соответствующий момент. Мы считаем это мнение слишком упрощающим. Научение может быть чем-то большим, нежели простым приобретением утверждений. Мы думаем, что настало время вновь исследовать научение, чтобы ясно установить, что же происходит, когда люди приобретают информацию по некоторой теме и используют ее должным образом.

Исследование научения отличается от исследования памяти не столько по содержанию, сколько по ключевым акцентам. Научение и память тесно взаимосвязаны, и невозможно понять одно, не понимая другого. Но различие в акцентах является решающим. Поскольку существует множество разновидностей научения, характеристика этого процесса во многом зависит от того, какой именно тип научения происходит в данном случае. Возможно, что некоторые формы научения, в особенности заучивание сравнительно простых сведений, могут быть правильно описаны как простое накопление новой информации в памяти. Но там, где мы имеем дело с научением сложным предметам, где опыт научения занимает периоды времени, измеряемые месяцами и даже годами, научение представляет собой нечто большее, чем успешное складирование возрастающего количества информации.

Похоже, что сложное научение имеет собственную характеристику. Такое научение, по-видимому, включает в себя не только накопление фактов изучаемой области, но и модификацию организационных структур памяти. Время от времени эта модификация сопровождается "щелчком постижения", т.е. довольно сильным переживанием инсайта или понимания темы, которое расставляет по своим местам большую часть ранее приобретенной (но плохо структурированной) информации. Таким образом, исследование научения сложным предметам оказывается связанным с исследованием понимания сложных тем.

Данная статья не удовлетворит нашего желания больше узнать о процессе научения. Мы всего лишь надеемся разжечь аппетит наших читателей (и свой собственный). В своем анализе научения и памяти мы пытаемся рассмотреть некоторые возможные представления о процессе

* **Rumelhart D.E., Norman D.A.** Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning // *Semantic Factors in Cognition* / J.W. Cotton, R.L. Klatzky (Eds.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publ., 1978. P. 37 – 53. (перевод Н.С. Паниной)

научения, которые, быть может, послужат руководством для будущих исследований. Мы только приступаем к исследованию научения и находимся на его старте, который оказался обескураживающе тяжелым. На самом деле, эта чрезвычайная трудность и подтолкнула нас к написанию данных заметок. В настоящее время мы понимаем, что простые характеристики процесса научения непригодны. В этой статье мы постараемся дать связное описание процесса научения в рамках наших представлений о долговременной памяти, т.е. теории, которую мы называем теорией *активных структурных сетей* (см. *Norman, Rumelhart et al, 1975*). Наша цель заключается в том, чтобы показать как различные формы научения могут быть включены в состав единого представления о системах, приобретающих, интерпретирующих и использующих информацию. Настоящая статья всего лишь устанавливает платформу для наблюдения процесса научения и разработки его теорий. Мы надеемся, что эта платформа будет новой и предоставит полезные характеристики, которые можно будет использовать для руководства будущих, как наших так и других, исследований.

Научение и приобретение знания

Наращивание, перестройка и настройка. Учиться можно путем постепенного наращивания информации, тонкой настройки уже имеющихся у нас представлений и перестройки наличного знания. Мы считаем полезным различать эти три качественно отличных способа научения. Хотя мы не готовы к тому, чтобы предложить образцовую и строгую классификацию научения, позвольте нам, без формальностей, рассуждать так, как будто мы действительно можем развести научение по категориям наращивания, настройки и перестройки.

Научение путем наращивания является обычным видом научения в реальных условиях, путем повседневного накопления информации, которым занимается большинство из нас. Приобретение воспоминаний о событиях прошедшего дня представляет собой всего лишь накопление информации в памяти. Новая группа фактов только увеличивает базу личного знания. Наращивание – это обычное научение, исследуемое психологами больше всего. В качестве примеров научения путем наращивания можно привести заучивание рядов слов, дат, имен президентов, телефонных номеров и тому подобных вещей. Возможно, что такое научение происходит путем соответствующего предъявления понятий, которые надо усвоить, с прохождением обычных стадий переработки информации, преобразующей приобретаемую информацию в некоторую соответствующую репрезентацию памяти. Затем эта информация добавляется к базе данных личного знания. В этом случае в самой системе переработки никаких структурных изменений не происходит.

Существенно более важным видом научения является научение путем настройки. Оно включает в себя действительное изменение категорий, используемых для интерпретации новой информации. Следовательно, настройка включает в себя не только добавление к нашей базе данных. Возможно, что в уже разработанной группе категорий интерпретации (ниже мы назовем их *схемами*), эти категории подвергаются непрерывной настройке и незначительной модификации, чтобы соответствовать предъявляемым к ним функциональным требованиям.

Так, например, когда мы впервые учимся печатать на машинке, мы разрабатываем группу программ ответов, выполняющих данное задание. Мы печатаем все лучше и лучше, действуя более легко и эффективно по мере того как эти программы настраиваются на выполнение задания. В другом примере, предположительно сходное явление наблюдается тогда, когда маленький ребенок узнает, что не все животные являются "собачками". Мало-помалу схема "собачки" меняется соответственно действительным требованиям, предъявляемым к системе интерпретации.

Но еще более важным (и трудным) процессом является научение путем перестройки. Перестройка происходит при разработке новых структур, интерпретирующих новую информацию и при навязывании новой организации уже имеющимся структурам. В дальнейшем эти новые структуры предоставляют возможность новых интерпретаций прежнего знания, различного доступа к этим знаниям (обычно в лучшую сторону), изменений в интерпретации и, как следствие, в приобретении нового знания.

Перестройка совершается в большинстве случаев после приложения усилий в течение значительного времени. Она, вероятно, требует первоначального накопления некоторой критической массы информации. Необходимость в перестройке отчасти обусловлена большим объемом и беспорядочностью накопленного знания.

Мы находимся под впечатлением того факта, что действительное научение происходит не в течение нескольких часов, а на протяжении ряда лет. Большую часть этого времени занимает медленное наращивание знания. Необходимо приобрести множество знаний, установить связи между ними и согласованным образом расположить это множество в общей сети знания, уже имеющегося в памяти учащегося (см. *Norman*, в печати). Но кроме того, значительное время должно быть потрачено на разработку соответствующей организации памяти, т.е. на развитие наличных структур (настройка) и создание новых структур (перестройка). Такое научение требует новых структур. В действительности, поворотный пункт научения зачастую состоит не в накоплении знаний, а в формировании новых структур. При возникновении новых структур учащийся может утверждать, что "понимает" материал и нередко это означает успешное достижение конечного пункта процесса научения. Вероятно, что необходимой предпосылкой перестройки является наращивание информации. Новые структуры опираются на задел воспоминаний и прошлого опыта.

Заметим, что научение выполнению большинства заданий происходит на фоне длительной учебы. В сферах интеллектуальной деятельности мы рассчитываем, что учащийся потратит многие годы на обучение в университете, затем в аспирантуре и будет учиться после того, как получит ученую степень или станет "подающим надежды молодым ученым". Надо полагать, что приобретение интеллектуальных знаний продолжается до конца жизни ученого.

Сходные периоды времени занимает научение умениям. Об этом говорят результаты классического, по нашему мнению, исследования крутильщиков сигар, проведенного Кроссманом. Производительность рабочих улучшалась на протяжении по меньшей мере десяти лет, в течение которых каждый крутильщик изготовил около 20 миллионов сигар (*Crossman*, 1959). Лабораторные исследования выполнения заданий на время реакции показывают

непрерывное улучшение на протяжении по меньшей мере 75 тысяч проб (Seibel, 1963). Подобные цифры могут получиться и для научения таким умениям, как овладение иностранным языком, психологией, игрой в шахматы и другими видами спорта. Люди серьезно выполняющие задачу научения в какой-то области, будь то интеллектуальная деятельность или моторное умение (разница между ними не столь велика, как некто мог бы предположить) будут непрерывно совершенствоваться даже после нескольких лет обучения. В связи с этим Фиттс говорит следующее: "Тот факт, что продуктивность выходит на уровень плато может быть следствием как эффектов физиологического созревания и/или потери мотивации, так и достижения действительной асимптоты или предела в способности дальнейшего совершенствования" (Fitts, 1964, с. 268).

Итак, научение имеет несколько различных компонентов. В этой статье мы сосредоточимся главным образом на качественных различиях между наращиванием знания, перестройкой памяти и настройкой наличных структур знания. При этом по большей части наше обсуждение касается двух последних способов. Перестройка включает в себя создание совершенно новых структур памяти, тогда как настройка включает в себя развитие старых структур памяти в новые структуры. Каждый из этих процессов, и развитие и создание, могут осуществляться множеством различных способов, каждый из которых будет соответствовать особому аспекту процесса научения. Но прежде детального обсуждения процесса научения, мы должны изложить наш взгляд на мнемические структуры и, в особенности, на *схемы* как единицы организации памяти.

Схемы памяти

Общие схемы и частные случаи. Память содержит записи нашего опыта. Некоторая информация является частной по отношению к ситуации, которую она представляет. Другая информация является более общей и представляет абстракцию знания частных ситуаций по отношению к некоторому классу ситуаций. Воспоминание о вчерашнем обеде представляет частную информацию. Знание того, что люди едят с тарелок (пользуясь ножами, вилками и ложками) представляет общую информацию, приложимую к широкому классу ситуаций.

Психологическая теория памяти должна дать объяснение как общей так и частной информации. Мы считаем, что общей информации лучше всего соответствуют единицы организованной информации, которые мы называем *схемами*. По нашему мнению, схема является важнейшей смысловой и технологической единицей системы переработки информации человека. Мы рассматриваем схемы как деятельные, взаимосвязанные структуры знания, активно участвующие в понимании входной информации и управляющие выполнением операций переработки. В целом, схема состоит из сети взаимосвязей между образующими ее частями, которые сами по себе являются другими схемами.

Родовые понятия представлены схемами. Эти схемы содержат *переменные*: ссылки на общие классы понятий, которые могут быть актуально использованы вместо переменных при определении следствий работы данной схемы в любой частной ситуации. Частная информация

кодируется в системе памяти тогда, когда вместо переменных общей схемы используются постоянные в виде конкретных значений и специфических понятий. Таким образом, наши представления конкретных событий являются спецификациями общей схемы применительно к событиям данного типа*.

Общая схема. Схема может представлять всю ситуацию, выявляя взаимосвязи между составляющими ее событиями или ситуациями (подсхемами). Например, у нас может быть частичная схема понятия фермерство**, содержащая следующую информацию: участок земли, используемый для выращивания сельскохозяйственных культур или животноводства; некий человек обрабатывает землю, выращивает зерновые и животных; обычно фермеры выращивают некоторое количество зерна и держат животных, в том числе коров, лошадей, кур и свиней; для работы в поле обычно используют тракторы и другую технику, а для хранения продукции и содержания животных строят специальные помещения; ... (и т.д.).

Располагая общей схемой фермерства, мы можем использовать ее различным образом. Она может рассматриваться с нескольких различных точек зрения. Так, мы знаем, что земельный участок называется фермой; фермер – это тот, кто обрабатывает земельный участок или выращивает животных; домашний скот – это животные, которых держат на ферме с целью продажи или как рабочую силу; агрокультура – это наука и искусство ведения фермерского хозяйства; хлев – это постройка для содержания животных на ферме.

Переменные. Общая схема фермерства содержит переменные условия, которые при использовании этой схемы принимают конкретные значения. Так, вышеприведенная общая

* Эта формулировка оставляет открытым вопрос, являются ли частные представления результатом общих схем или же общие схемы являются результатом частных схем. Возможно, наши ранние переживания событий некоторого класса служат источником группы частных представлений этих событий. Затем мы обобщаем эти переживания путем подстановки переменных вместо тех аспектов этих событий, которые явно меняются от ситуации к ситуации, оставляя постоянные (частные понятия) в тех частях представления, которые сохраняются неизменными в разных событиях данного класса. В результате получается общая схема некоторого класса событий. С другой стороны, мы можем взять общую схему и применить ее к новой, частной ситуации путем замены переменных на постоянные. Мы думаем, что всегда происходят процессы в том и другом направлении: общие схемы формируются путем обобщения частных случаев, а частное знание выводится из принципов, встроенных в общие схемы.

* Отметим, что это личная схема, соответствующая представлениям одного из авторов (Д.Н.), крайне несведущего в действительном фермерстве. Пример правомерен, поскольку схемы в системе памяти субъекта отражают его индивидуальные мнения и знания. Как описание внешнего мира схема может быть ложной соответственно ошибкам и заблуждениям обладателя этой схемы. Считайте, что автор этой схемы знает о фермерстве из детских стишков.

схема имеет следующие переменные условия: земельный участок, зерновые культуры или животные, некий человек, техника, продукция, специальные постройки.

Частные значения этих условий определяются в зависимости от цели использования схемы. В различных случаях они будут разные. Если мы знаем, что Стюарды выращивают на своей ферме морковь, то роль фермеров в данной схеме выполняют Стюарды, а место зерновых культур и продукции занимает морковь. Взамен переменных мы используем указанные постоянные. Однако, некоторые переменные, такие как *земельный участок, техника и постройки* пока не конкретизированы. Опираясь на общее знание о моркови, мы можем высказать предположения о размерах фермы и типе используемой техники. Схема выращивания растений говорит о необходимости применения удобрений и водоснабжения для полива. Однако, наша общая схема фермерства все еще содержит некоторые свободно варьирующие, хотя и в известных пределах, переменные. Мы предполагаем, что на ферме Стюардов есть какие-то животные. Это могут быть коровы, куры, лошади и свиньи.

Ограничения и пробелы. На различные переменные схемы как правило накладываются ограничения. Мы не ожидаем, что на той или иной ферме можно обнаружить растения и животных любого вида. Тигры, угри и ядовитый плющ относятся к животным и растениям, но не входят в обычный перечень сельскохозяйственных культур и домашнего скота. Многие переменные схем принимают связанные с ними *заочные* значения. Ими будут те частные значения, которые мы можем предполагать и использовать до тех пор, пока не получим иные сведения. Так, мы можем предполагать, что на какой-то ферме будут коровы, свиньи, лошади и кони. И если по этому поводу ничего не будет сказано, то мы будем считать, что эти животные на данной ферме есть. Сходно, мы используем схему *коммерческой сделки* для интерпретации случая, когда некто *A* приобретает вещь *O* у *B* и предполагаем, что *A* заплатил *B*. Однако, мы ошибаемся, если деньги здесь ни при чем. Или, в предыдущем примере, может оказаться, что на данной ферме таких животных нет. Как бы то ни было, заполнение пробелов определяет наше общее понимание рассматриваемых ситуаций.

Переменные (а также их ограничения) выполняют две важные функции:

1. Они определяют диапазон объектов, которые могут занять позиции различных переменных.
2. Когда конкретная информация о переменных недоступна, они предоставляют возможность строить правдоподобные догадки относительно своих возможных значений.

Значения переменных схемы взаимосвязаны. Если на ферме выращивают крупный рогатый скот, мы предполагаем, что размеры участка, техническое оснащение и продукция будут не такими, как на ферме, где выращивают пшеницу, арахис или морковь. Мы предполагаем, что на этих фермах будут разные специальные постройки. Сходно, когда кто-то покупает автомобиль, мы думаем, что он заплатит гораздо больше денег, чем при покупке карандаша.

Схемы и понимание. Мы рассматриваем схему как общую модель ситуации. Схема определяет взаимосвязи между понятиями, [описывающими данную ситуацию – ред.] и составляющими ее событиями. Акт понимания можно трактовать как селекцию соответствующей конфигурации схем, поясняющих данную ситуацию. При этом подразумевается определенный начальный отбор схем, его подтверждение или отвержение. Большая часть усилий понимания направлена на определение соответствующих схем представления данной ситуации. Как только соответствующая конфигурация схем найдена, ситуативные постоянные связываются (соединяются) с переменными схемы. Отобранная схема будет определять интерпретацию ситуации. Одну и ту же ситуацию различные схемы будут интерпретировать по-разному, и в зависимости от данной интерпретации будут более или менее значимы различные признаки ситуации.

Подобно теориям, схемы различаются по степени адекватности объяснения той или иной ситуации.

Схемы объясняют текущие входы и предвосхищают значения других входов. Если объяснение ранних наблюдений вполне удовлетворительно (и при последующей переработке не появляются другие кандидаты), то эта схема будет принята, несмотря на возможное отсутствие данных для некоторых из ее прогнозов. Следовательно, эти предвосхищения образуют умозаключения относительно ситуации, полученные в процессе понимания.

Если какая-то схема плохо описывает ситуацию, возникает необходимость в поиске новой схемы. В том случае, когда не удастся найти одной адекватной схемы, ситуация может быть понята только в виде группы разрозненных фрагментов, каждый из которых интерпретируется своей отдельной схемой.

Схемы – это активные структуры данных. Мы считаем, что селекцией и использованием схем управляют сами схемы. Мы рассматриваем схемы как активные блоки переработки (active processing units). Каждая схема может исследовать любые новые данные, перерабатываемые перцептивными системами и распознавать данные, которые ей соответствуют. Схемы активируются сами по себе, как только оказываются подходящими для текущего анализа и могут руководить организацией данных согласно своим структурам. Таким образом схемы могут контролировать и направлять процесс понимания. Кроме того, мы предполагаем, что выход схемы (входом схемы являются данные, которые она представляет в виде понятия) может быть включен в пачку данных, используемых другими схемами.

С целью иллюстрации вышесказанного представьте себе классную доску, на которой записаны все данные. Схемы осматривают эту доску, отыскивая данные, которые им соответствуют. Увидев такого рода данные, схема пытается включить их в свою организационную структуру и затем записывает новую информацию на доске. На эти новые данные могут реагировать другие схемы. Таким образом, схемы являются *ведомыми данными* (data driven) в том смысле, что отвечают на присутствие соответствующих им данных. Схема осуществляет *концептуально ведомое* (conceptually driven) руководство переработкой путем использования своих внутренних понятийных представлений (*conceptualizations*), когда

добавляет новые данные на доску и тем самым управляет процессами других схем. Итак, каждая схема является ведомой данными и обеспечивает понятийно направляемое руководство другими схемами. Дополнительные детали этой системы можно найти в ряде источников. Метафора классной доски описана в работе Редди (см. Reddy, Newell, 1974). Понятие активных демонов широко используется в современных теориях вычислительных систем, начиная с демонов Селфриджа и Найссера (Selfridge, Neisser, 1960) и деятелей Хьюита, Бишопа и Стайгера (Hewitt, Bishop, Steiger, 1973) и кончая продуктивными системами Ньюэлла (Newell, 1973). Описание понятий, соответствующих данному обсуждению приводится в некоторых из наших работ (см. Norman, Bobrow, 1976; Rumelhart, 1977; Rumelhart, Ortony, 1977).

Научение

Наращивание знания. Один из основных видов научения состоит из простого накопления новой информации. Мы анализируем сенсорные события нашего текущего опыта, согласуем их с соответствующей группой схем, формируем представление этого опыта и убираем эту, только что созданную мнемическую структуру в долговременную память. Только что созданные структуры данных являются частными случаями уже существующих структур и отличаются от последних только тем, что вместо переменных общей схемы используются представления специфических аспектов текущей ситуации.

Это и есть научение путем наращивания, т.е. научение путем такого добавления новых структур данных в существующую базу мнемических данных, которое соответствует уже имеющейся организации памяти. Научение посредством наращивания является естественным побочным результатом процесса понимания. Благодаря ему мы запоминаем некоторую интерпретацию текущего опыта. Потом, когда надо восстановить накопленную информацию, для реконструкции первоначального опыта мы используем специфицированные (*instantiated*) схемы. Так мы "припоминаем" этот опыт. Схемы управляют реконструкцией почти таким же способом каким они руководят первичным пониманием.

Наращивание и последующее восстановление путем реконструкции являются обычными процессами научения. Этот вид научения, традиционно исследуемый психологами, наиболее соответствует современным разработкам в области психологии памяти. Научение посредством накопления следов памяти обеспечивает постепенное увеличение базы данных, предоставляет возможность для усвоения множества конкретных знаний, приобретаемых человеком, как в области профессиональной деятельности, так и в общих сферах воздействий внешнего мира. Научение путем наращивания предполагает, что схемы, необходимые для интерпретации нового входа, уже существуют. В противном случае, чистое наращивание будет не эффективно и потребуются модификация группы доступных схем, которая может быть достигнута благодаря развитию существующих схем (настройка) или созданию новых схем (перестройка). Вероятно, настройка и перестройка происходят гораздо реже, чем наращивание. Но без этих процессов научения невозможно сформировать новые понятия.

Научение путем перестройки. Когда существующие структуры памяти не могут привести к новому знанию, возникает необходимость в новых структурах. Последние образуются либо в результате построения новых схем, специально предназначенных для данной, вызывающей беспокойство информации, либо путем модификации (настройки) старых схем.

В процессе научения создание и настройка схем идут рука об руку. При научении умениям, например, печатать на машинке, должны быть разработаны новые схемы. Но сразу после создания основных моторных схем, дальнейший рост мастерства идет по пути настройки существующих схем. Подобным образом, первый шаг в изучении сложных предметов, вероятно, состоит в наращивании удовлетворительного объема знаний о данной области. Затем, для соответствующей организации этого знания, создаются новые схемы. Последующее научение состоит из дополнительной настройки этих схем (а также из продолжающегося наращивания знания и, возможно, создания других новых схем, которые в свою очередь должны быть настроены).

Но если бы процессы научения заключались только в наращивании и настройке схем, человеку никогда бы не удалось увеличить число понятийных категорий сверх изначально данных. Поэтому создание новых схем имеет важное значение. Логично предположить два способа формирования новых схем. Во-первых, новая схема может быть сделана по образцу старой схемы, т.е. путем копирования с изменениями. Мы называем этот процесс *порождением по образцу*. Во-вторых, новые схемы могут быть выведены из временных и/или пространственных конфигураций старых схем. Этот процесс мы назвали *индукцией схем*. Он является разновидностью ассоциативного научения.

Порождение схем по образцу несомненно занимает большое место в обычном формировании понятий.* Быть может самая простая форма порождения по образцу происходит путем использования аналогий. Так, даже если бы мы никогда не сталкивались в своем опыте с ромбом, мы могли бы разработать его схему опираясь на указание, что ромб так же относится к квадрату, как параллелограмм к прямоугольнику. Схема ромба может быть создана по образцу схемы квадрата путем модификации последней точно таким же образом каким схема параллелограмма отличается от схемы прямоугольника.

Отметим, что новая схема создается благодаря обобщению старой схемы. Модификация включает в себя замену постоянного значения схемы квадрата (прямые углы) на переменные, в результате чего образуется новая, более общая схема. Порождение схем по образцу может произойти и путем модификации старых схем благодаря замене переменных компонентов на постоянные. Таким образом мы можем, например, успешно сформировать понятие "коккер-

* Заметим, что здесь мы не имеем в виду задачи идентификации понятий, изучаемые в лабораторных условиях. В обычных экспериментах по формированию понятий научение, вероятно, играет совершенно незначительную роль. Эти задачи, скорее всего, относятся к решению проблем, по ходу которого испытуемые должны найти правила верной классификации особей, предлагаемой для обследования группы стимулов.

спаниель" путем модификации схемы "собака". В таком случае мы копируем схему коккер-спаниеля со схемы собаки, но при этом определенные переменные последней принимают более конкретные значения.

Индукция схем является формой научения, происходящего благодаря смежности. Если определенные конфигурации схем склонны возникать во времени или в пространстве совместно, то из этой совместной конфигурации может быть создана новая схема. Вероятно, научение этого вида встречается очень редко (значит, это наиболее сложный вид научения). Однако, эта процедура имеет для научения большое значение. Трудность индукции заключается в обнаружении упорядоченностей. Мы думаем, что новые схемы как правило создаются путем порождения по образцу. Опытные преподаватели знают, что аналогии, метафоры и модели являются эффективными приемами обучения. Близость во времени как эффективное орудие обучения в аудитории или в процессе усвоения большинства сложных тем, если и встречается, то очень редко. Близость во времени является основным законом большинства теорий научения, но в обучении сложному материалу она имеет удивительно ничтожное практическое применение. Насколько мы можем судить, наиболее сложные понятия усваиваются либо благодаря тому, что преподаватель открыто вводит соответствующую аналогию, метафору или модель, либо потому, что их находит сам учащийся. Мы считаем, что научение посредством создания новых схем происходит по большей части не благодаря индукции, а путем порождения по образцу.

Настройка схем. Существующие схемы нередко служат основой для развития новых схем. Это происходит в результате незначительных изменений их структуры путем "тонкой настройки". Мы называем этот процесс настройкой. Использование термина настройка мы ограничиваем теми случаями, когда основная исходная структура схемы остается неизменной. Схема модифицируется только благодаря изменению своих постоянных и переменных условий. Эти условия могут меняться четырьмя способами:

1. *Повышение точности.* Ограничения переменных параметров могут быть усилены, чтобы более точно специфицировать подходящие переменным понятия.
2. *Обобщение применимости.* Объем данной переменной может быть обобщен, чтобы расширить диапазон ее применимости. При этом либо уменьшаются ограничения переменной, либо постоянное условие заменяется на соответственно ограниченное переменное условие.
3. *Специализация применимости.* Объем данной переменной может быть сужен путем увеличения ее ограничений или, в крайнем случае, путем эффективной замены переменной на постоянное условие.
4. *Определение заочных значений.* Значения обычно используемых переменных могут быть обнаружены и добавлены к спецификации схемы. Всякий раз, когда какая-то переменная не специфицирована, заочные значения обеспечивают разумные догадки, которые могут быть использованы для заключений и управления дальнейшей переработкой.

Важным механизмом научения должна быть регулировка ограничений переменных.* Мы должны знать диапазоны варьирования переменных и сопряженную изменчивость различных переменных. При условии точной спецификации схемы и в тех случаях, когда мы не тратим попусту время, стараясь подогнать ее к неподходящим ситуациям, эффективность переработки увеличивается. Кроме того, наше понимание ситуации будет более полным тогда, когда для ее объяснения используется более специфичная схема. В зависимости от величины нашего опыта, мы можем определять типичные значения условий, предоставляющие информацию о заочных значениях, которые должны быть использованы при отсутствии дальнейшей спецификации. Хорошие иллюстрации той роли, которую играет регулировка значений, можно найти в литературе по исследованиям усвоения языка. Давайте вкратце рассмотрим эти примеры.

Настройка для повышения точности. Ребенок должен знать диапазон условий, в которых применимы особые синтаксические правила. Ребенок, который умеет считать и понимает, что прилагательное, обозначающий *i*-тый элемент последовательности, может быть образовано путем добавления суффикса *th* к номеру *i*, будет правильно составлять такие слова как *fourth* (четвертый), *sixth* (шестой), *seventh* (седьмой) и т.д. Однако таким же образом, но ошибочно, он будет составлять слова *oneth* (первый), *twoth* (второй), *threeh* (третий), *fiveth* (пятый) и т.д. Ребенок использует правило слишком широко. Правило не отрегулировано. Он должен настроить общее правило так, чтобы оно обладало точными ограничениями своей применимости. Процесс научения ограничениям представляет собой регулировку переменных схемы, в результате которой она будет использоваться только при соответствующих условиях. Для улучшения правильности своего применения схема должна быть настроена.

Настройка для расширения применимости. Бауэрман пишет, что вначале маленькие дети используют глаголы (*action words*) только в отношении себя, затем в отношении других людей и животных, и в конце концов расширяют сферу их применения на неодушевленные предметы (*Bowerman*, в печати). По-видимому, это как раз тот самый случай, когда схема должна настроиться путем ослабления ограничений переменных с целью увеличения диапазона ее применимости.

* Отметим, что в действительности разница между ограниченными переменными и постоянными очень мала. Схемы приписывают условиям ограничения различной величины, накладываемые на понятия, которые могут быть использованы в этих условиях. Если ограничения минимальны, мы имеем свободную переменную, вместо которой может быть использовано любое понятие. Обычно, исключая одни классы и включая другие, ограничения задают некоторый разумный диапазон разных понятий, которые могут быть использованы. Если ограничения настолько жесткие, что допускают только одно, единственное в своем роде понятие, которое можно использовать, то это будет эквивалентно наличию постоянной, а не переменной. Чаще всего схемы располагают частично ограниченными переменными и как следствие обеспечивают определенную структуру, обладающую в то же самое время некоторой разумной степенью обобщенности.

Обобщение схем имеет место тогда, когда существующая схема модифицируется таким образом, что может использоваться для более широкого класса ситуаций. Например, значение какого-нибудь термина может расширяться, охватывая другие случаи. Джентнер называет этот процесс метафорическим расширением и иллюстрирует его примерами применения слова *have* (иметь) в следующих случаях (*Gentner, 1975*).

1. *Sam has a large kettle.* (У Сэма есть большой чайник).
2. *Sam has a nice apartment.* (У Сэма есть уютная квартира).
3. *The kettle has an enamel coating.* (Чайник имеет эмалированное покрытие).
4. *Sam has good times.* (Сэм хорошо проводит время).

По всей вероятности, глагол *have* (иметь) первично означает что-то вроде *own* (принадлежать). При расширении этого значения аспекты отношения принадлежности становятся для использования понятия *having* (обладания) несущественными. Поначалу *have* (иметь) подразумевает как необходимое, чтобы владелец полностью контролирует тот предмет, которым он обладает. Но при расширении использования этого глагола, требование полного контроля смягчается до такой степени, что в конце концов оно выглядит только как необходимость, чтобы данный предмет был некоторым образом тесно связан с субъектом (как в предложении 4).

При усвоении языка чаще всего происходит излишнее обобщение понятий, диапазон применения которых впоследствии должен быть сужен. Однако в литературе отмечены и такие случаи, когда дети поначалу слишком зауживают использование термина и затем должны *обобщить* его применение до полного охвата данной понятийной категории. Так, Дейл приводит описание случая, когда ребенок в первое время использовал слово "оладьи" только для черники и черничных оладьев и не применял его для оладьев другого рода (*Dale, 1976*). Процесс, по ходу которого это слово распространяется на другие оладьи включает в себя обобщение схем.

Обычно, рассуждение по аналогии, по-видимому, предполагает обобщение схемы. В этом случае, схема, используемая в одной области, простирается в новую область благодаря модификации одного или нескольких своих элементов. Но большая часть ее внутренней структуры остается неизменной. Так, например, когда мы говорим, что туман "подкрадывается на кошачьих лапках", то схема "подкрадывания" должна каким-то образом расширяться до включения понятия "туман". Хотя такое расширение, по всей видимости, не подразумевает продолжительного научения, оно следует тем же принципам, которые мы имеем в виду.

Настройка для специализации применимости. Обычное явление усвоения языка в детстве заключается в непомерном обобщении слов, т.е. в использовании одно и того же слова в круге ситуаций, гораздо более широком, чем тот, которому это слово соответствует. Так, всех животных небольшого размера ребенок может называть "собачками" и любого человека – "мамой". В результате широкого обзора литературы по этому феномену Кларк приходит к следующим выводам (*Clark, 1973*). Чрезмерное обобщение происходит, вероятно, потому, что ребенок отбирает крайне незначительное число признаков, определяющих данное понятие и, как следствие, этому определению соответствует множество вещей. Ребенок должен

специализировать свое понимание данной схемы либо путем ограничения ряда переменных условий, либо путем добавления условий, которых следует придерживаться, до тех пор, пока схема не станет приемлемой. Первый способ специализации соответствует нашему представлению о настройке. Специализация вторым способом на самом деле может быть разновидностью порождения схем по образцу, т.е. построением новой схемы на основе старой схемы, хотя и модифицированной путем добавления нескольких условий.

Дети могут использовать слово "мяч" в отношении ко всем небольшим предметам. Но впоследствии им придется ограничить класс вещей, которым это слово соответствует. Сходные примеры приводятся в литературе в связи с использованием терминов отношения, таких как "больше – меньше", "длинный – короткий", "большой – маленький" и т.д. (ср. *Donaldson, Wales, 1970*). Первоначально, сталкиваясь с подобным измерением дети используют как тот так и другой термин. Позже они научаются ограничивать применение этих понятий в соответствующем направлении данного измерения. Здесь, опять-таки, в соответствующие схемы вставляется дополнительная структура.

В формировании моторных умений по всей вероятности участвует сходный процесс. Сначала, когда мы учимся выполнять сложную двигательную задачу, движения направленные на ее решение варьируют в широком диапазоне. Но с увеличением опыта деятельности в данной ситуации изменчивость уменьшается. Возьмем для примера научение жонглированию. Вначале мы испытываем большие трудности. Как правило, мы подбрасываем шарик слишком высоко или слишком низко. Одной рукой мы должны ловить падающие шарики. По ходу практики наши броски становятся точнее. Все с большей и большей точностью мы предвосхищаем траекторию падения шарика. По-видимому, на ранних стадиях научения жонглированию соответствующие схемы связываются друг с другом крайне свободным образом. По ходу практики на нашу схему жонглирования накладываются дополнительные ограничения, и она становится все более точной и хорошо настроенной (ср. *Norman, 1976*).

Научение не является единым процессом

Главная идея настоящей статьи заключается в том, что научение не является единым процессом. Одной умственной деятельности, представляющей собою научение, не существует. Научение имеет место всякий раз, когда люди модифицируют свои базы знаний и никакое единственное теоретическое описание не вместит в себя то множество путей, по которым оно может произойти. Мы и в самом деле не думаем, что наша классификация должна описать все разнообразие научения. Однако, мы попытались показать обоснованным образом различные возможные классы научения и дать описание механизмов, которые могут им соответствовать. Вкратце, эта классификация представлена на рис. 1



Рис. 1. Классификация возможных механизмов научения

Интересно отметить, что ситуации различных видов научения не совпадают друг с другом. Наращивание памяти наиболее эффективно в тех случаях, когда входная информация соответствует наличным доступным схемам. В этой ситуации информация усваивается легко. Чем больше поступающая информация отличается от сведений, описываемых доступными схемами, тем острее необходимость изменения последних. При умеренном несоответствии может оказаться достаточным настроить схемы. Если же степень рассогласования поступающего материала со схемами велика, то, вероятно, потребуется построение новой схемы. Конечно, непременным условием перестройки будет опознание этого несоответствия. Однако в случаях несоответствия доступным схемам, учащийся может настолько плохо интерпретировать (понимать) материал, что эти рассогласования могут остаться незамеченными. Необходимость перестройки может быть замечена только при умеренных расхождениях, когда несоответствие бросается в глаза.

Настоящее обсуждение сосредоточено на описании изменений, происходящих в памяти в процессе научения. Мы не рассматриваем подробно функционирование механизмов, вызывающих эти изменения. Поскольку наращивание изучают особенно часто, вполне обоснованное описание его механизмов хорошо представлено в большинстве теорий памяти. Мы думаем, что настройка схем также представляет собой сравнительно простую операцию, не требующую множества различных механизмов. Однако, перестройка памяти путем создания новых схем – это совершенно другая история. О том, как происходит этот процесс, мы знаем очень мало. Более того, мы думаем, что построение схем происходит редко. Реконструкция системы памяти не может быть достигнута без труда. Определить новую схему, которую надо сформировать, нелегко. Пожалуй, всю литературу по инсайтному научению и решению задач, по проблемному научению и т.д. можно рассматривать как сообщения об исследованиях процессов создания новых схем. Мы не думаем, что всякий раз, когда обнаруживаются новые структуры, система памяти человека просто преобразует сама себя. Для открытия структур и согласования сходных схем с текущей ситуацией, вероятно, требуется значительный анализ. По нашему мнению, большинство будущих исследований необходимо провести именно в этой области.