

ЛОГИКА РАБОТЫ МОЗГА

Витяев Евгений Евгеньевич

Институт математики СО РАН, Россия, Новосибирск, vityaev@math.nsc.ru

Введение. Основной тезис работы: мозг это не логическое, а предсказывающее устройство. Нами показано [4], что в настоящее время нет теорий, в которых бы адекватно формализовывалось понятие предсказания. Существующие определения восходящие к К.Попперу и К.Г Гемпелю не дают адекватной формализации предсказания для индуктивных теорий, а знания, которым обучается мозг являются индуктивными - являются обобщением опыта.

Автором дано новое определение понятия предсказания [5] применимое к индуктивным теориям и обобщающее определения К.Поппера и К.Г Гемпеля. На основе введенного понятия предсказания:

1. разработан эффективный метод обнаружения закономерностей и программная система Discovery, показавшая свою эффективность в решении десятков прикладных задач (см. список публикаций на Scientific Discovery website [15]);
2. разработан оригинальный подход к Интеллектуальному Анализу Данных и Извлечению Знаний (Data Mining и Knowledge Discovery), изложенный в [13];
3. выделены основные информационные принципы работы мозга, изложенные в [6,7,8,9], формализующие его как предсказывающее устройство. В этих работах на основе принципа предсказания дана формализация Теории Функциональных систем П.К.Анохина [1], Информационной Теории Эмоций П.В.Симонова, Теории Движений Н.А.Берштейна и схем восприятия У.Найсера.

В работах [6,7,8,9] логика работы мозга представляется как непрерывное во времени предсказание мозгом событий окружающей среды с одновременным тотальным контролем акцептором результатов действия правильности сделанных предсказаний. В последующих работах автора [7,8] эта логика работы мозга была более четко представлена в виде логических схем описывающих Теорию Функциональных Систем П.К.Анохина [11] и Теории Движений Н.А.Берштейна [10].

В данной работе покажем, что логика работы мозга – это логика предсказания. На всех уровнях своей работы от нейронного уровня до уровня принятия решений мозг решает одну задачу - организации непрерывного процесса предсказания и контроля его правильности.

Основные идеи и методы решения. Формальной моделью предсказания является специально организованный семантический вероятностный вывод [5], состоящий в по-

следовательном усилении (увеличении условной вероятности) правил $\langle P_1, \dots, P_k \rangle \rightarrow P_0$ путем добавления в посылку правил условий, усиливающих эти правила. Смысл вывода совпадает с процессом выработки условного рефлекса – если появление некоторого (сигнального) стимула P связано с достижением цели P_0 , то такой стимул (после статистической проверки на положительную коррелированность P и P_0 в ситуации P_{i1}, \dots, P_{ik}) добавляется в посылку правила $\langle P_1, \dots, P_k, P \rangle \rightarrow P_0$. В этом случае в ситуации P_1, \dots, P_k достижение цели P_0 предсказывается с большой вероятностью при появлении стимула P . В процессе семантического вывода в правило включаются все стимулы усиливающие его. Семантический вероятностный вывод детально исследован:

- I. доказано [5], что он обеспечивает нахождение всех правил с максимальными оценками предсказания (условными вероятностями правил);
- II. доказано [5], что он аппроксимирует логический вывод - обеспечивает лучшие оценки предсказания, чем логический вывод с параллельным вычислением оценок по правилам вероятностной логики. Это доказывает аппроксимацию предсказания по К.Попперу, если его применять к индуктивным теориям;
- III. доказано [14], что он обнаруживает эмпирическую теорию предметной области в условиях шумов в данных;
- IV. серией машинных экспериментов показано, что программная система Discovery, которая практически реализует семантический вероятностный вывод, работает лучше (обучается и предсказывает), чем известные методы Data Mining и Knowledge Discovery такие как: Neural Networks, Decision trees, ARIMA, Rule extraction from Neural Networks, First-Order Inductive Logic method (результаты сравнения есть на website [14] в разделе <http://math.nsc.ru/AP/ScientificDiscovery/pages/Comparison.html>).

Формальная модель нейрона. Опираясь на критику П.К.Анохиным гипотезы суммации возбуждений на уровне нейрона [2], мы определяем функцию нейрона как осуществление семантического вероятностного вывода правил, предсказывающих по его входным возбуждениям выходное возбуждение аксона. Таким образом, нейрон на своем уровне с учетом его входов и выходов обучается предсказывать с максимальной вероятностью. Эта определение функции нейрона соответствует работам по замыканию условных связей на уровне нейрона. Оно также соответствует тому факту, что скорость ответа нейрона на условный сигнал, тем выше, чем больше условная вероятность ответа нейрона.

Полученные результаты. Модель Теории Функциональных систем. Используя понятие предсказания и формальную модель нейрона представим простейшую логиче-

скую схему рис. 1 Теории Функциональной Системы (ТФС) (подробный вывод всех свойств ТФС в терминах предсказания приведен в [7,8,9]). Будем считать, что в некоторый момент времени функциональной системе ставится цель P_0 . Цель ставится в виде запроса к функциональной системе – достичь цель P_0 . На вход функциональной системы подается также информация об окружающей среде в виде афферентации P_{i1}, \dots, P_{im} . В процессе афферентного синтеза из памяти автоматически извлекается вся информация, связанная с достижением цели P_0 путем активации тех закономерностей $\langle P_{i1}, \dots, P_{ik}, A_i \rangle \rightarrow P_0$, которые применимы в ситуации P_{i1}, \dots, P_{im} и предсказывают достижение цели P_0 . Это достигается использованием (извлечением из памяти) только тех закономерностей, в которых свойства ситуации P_{i1}, \dots, P_{ik} совпадают с описанием ситуации P_{i1}, \dots, P_{im} .

Среди условий P_{i1}, \dots, P_{ik} закономерности могут содержать не только свойства ситуации, но и подрезультаты P_{i1}, \dots, P_{in} , достижение некоторых необходимо для достижения цели. Достижение подрезультатов осуществляется отправкой запроса на достижение подцелей P_{i1}, \dots, P_{in} вниз по иерархии организации движений или подчиненности функциональных систем, что обозначено на рисунке двойной стрелкой вниз. Эти запросы активируют в функциональных системах более низкого уровня всю информацию связанную с достижением этих подцелей в той же ситуации. Достижение этих подцелей может требовать достижение еще более низких по иерархии целей и т.д. Если какая-то из подцелей не может быть выполнена в данной ситуации, то в ответ на запрос возвра-

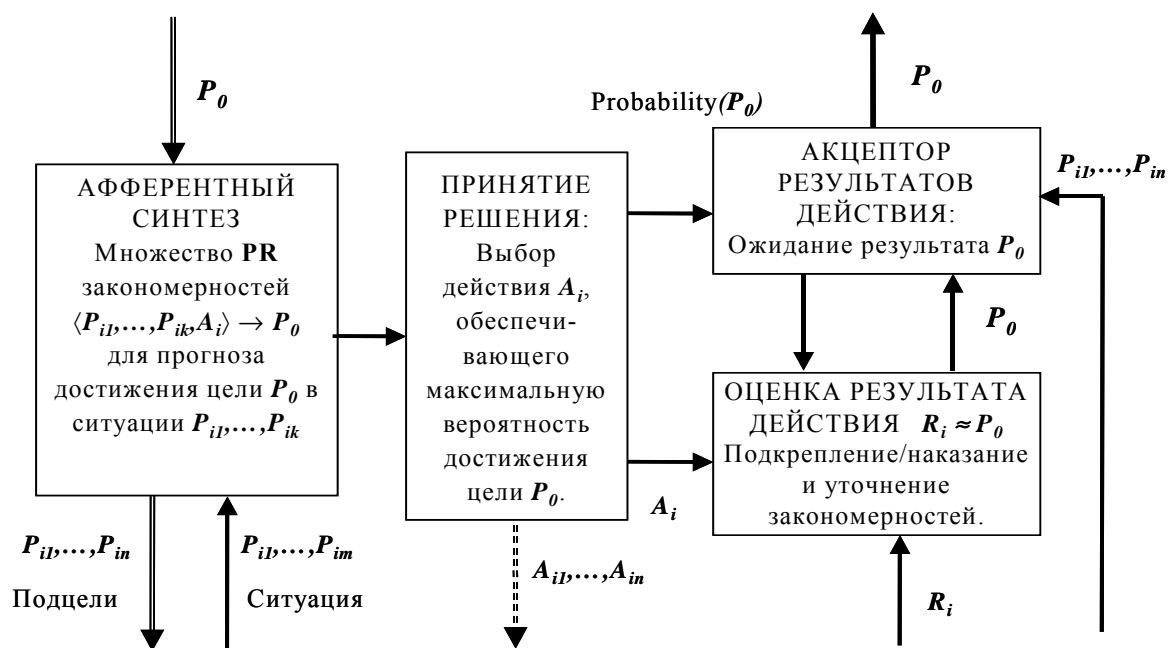


Рис 1.

щается отказ и соответствующая закономерность исключается из рассмотрения.

Активация закономерностей $\langle P_{i1}, \dots, P_{ik}, A_i \rangle \rightarrow P_0$ в блоке афферентного синтеза автоматически извлекает из памяти набор действий A_i (включая действия по достижению подцелей A_{i1}, \dots, A_{in}), которые могут привести к достижению цели P_0 . Весь этот набор действий вместе с оценками условных вероятностей достижения цели и подцелей передается в блок принятия решений. В блоке принятия решений выбирается такое действие, которое дает максимальную оценку вероятности достижения цели с учетом вероятностей достижения подцелей.

Далее действие A_i и все действия, необходимые для достижения подцелей запускаются на выполнение. В начальной стадии обучения, когда нет еще правил, либо нет ни одного правила применимого в данной ситуации, действие выбирается методом «проб и ошибок» и прогноз отсутствует.

Прогноз ожидаемого результата P_0 и всех подрезультатов для всех подцелей отправляется в акцептор результатов действий. Кроме того, во всех функциональных подсистемах более низкого уровня прогноз подрезультатов также отправляется в акцептор результатов действия соответствующих подсистем.

Данные о полученном результате R_i поступают в блок оценки результата акцептора результатов действий. Проводится сравнение спрогнозированного и полученного результатов. В случае совпадения прогноза и результата с некоторой степенью точностью, закономерность, выбранная в блоке принятия решений, подкрепляется, иначе наказывается. Закрепление/наказание состоит в увеличении/уменьшении условной вероятности закономерности, вычисленной по формуле $Probability(P_\theta) = Pr(P_{i1}) \& \dots \& Pr(P_{in}) \bullet Pr(P_0 / P_{i1} \& \dots \& P_{ik} \& A_i)$, в которой произведение вероятностей достижения подцелей умножается на условную вероятность достижения цели P_0 при осуществлении действий $A_i, A_{i1}, \dots, A_{in}$ в состоянии $\langle P_{i1}, \dots, P_{ik} \rangle$.

Таким образом, логика функциональных систем состоит в выборе и осуществлении набора действий, который бы с максимальной вероятностью приводил к достижению результата при контроле достижения всех результатов акцептором результатов действий. Логически активация действия совпадает с активацией прогнозируемого результата. Ожидание результата логически проявляется в готовности закономерностей (нейронов) результатов сработать сразу после получения правильного результата.

Принятие решений. В соответствии с Информационной Теорией Эмоций П.В.Симонова [12] принятие решений в целенаправленном поведении осуществляется

переключающей функцией эмоций: «все многообразие сведений, необходимых для удовлетворения возникшей потребности и реально имеющихся в данный момент у субъекта трансформируется мозгом в единый интегральный показатель - в оценку вероятности достижения цели» [12, с.20, 21]. Такая трансформация и принятие решений осуществляется так же по схеме рис 1. только целью P_0 является запрос на удовлетворение потребности, вызывающей соответствующую мотивацию M . Мотивационное возбуждение M не только активирует кору головного мозга, но так же является полноценным стимулом, который участвует в образовании закономерностей. Поэтому в процессе афферентного синтеза мотивацией M извлекаются из памяти все закономерности $\langle M, P_{i1}, \dots, P_{ik} \rangle \rightarrow P_0$, которые, во-первых, применимы в данной ситуации, а, во-вторых, активируют все планы действий A_{i1}, \dots, A_{in} , которые раньше приводили к удовлетворению потребности. Эти планы отправляются в блок принятия решений, где с учетом «всего многообразия сведений, необходимых для удовлетворения возникшей потребности и реально имеющихся в данный момент у субъекта» выбирается один, имеющий максимальную оценку вероятности достижения цели. Тем самым этот выбор «трансформируется мозгом в единый интегральный показатель - в оценку вероятности достижения цели» и сопровождается соответствующей эмоцией, отражающей не только величину и качество потребности, но и вероятность ее достижения. Принятие решений осуществляется на основании полученной эмоции. «Зависимость эмоций не только от величины потребности, но и от вероятности ее удовлетворения чрезвычайно усложняет конкуренцию сосуществующих мотивов, в результате чего поведение нередко оказывается переориентированным на менее важную, но легко достижимую цель: “синица в руках” побеждает “журавля в небе” ... “ [6. С. 28].

Заключение. Мало кто будет спорить с тем, что мозг – это предсказывающее устройство. Теория Функциональных систем П.К.Анохина начинается с принципа опережающего отражения действительности формализацией которого должно быть предсказание. Приведенные схемы достаточно наглядно показывают возможность на описательном уровне объяснить многие механизмы работы мозга. Проблема в том, что переход от описательного уровня к строго математическому достаточно сложен. В настоящее время не существует Теории Предсказания и нет готового математического аппарата, который бы подходил для этих целей. Нами показано [4,5,9], что математическая логика для этого не подходит. Нейронные сети тоже не подходят [9]. Требуется новый математический аппарат, начало которому положено в [4,5,14,15].

Литература.

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы теории функциональных систем // Философские аспекты теории функциональных систем. М.: Наука, 1978. с. 49 - 106.
2. Анохин П.К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона // П.К. Анохин. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. с. 444.
3. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. // Избранные психологические труды, Москва-Воронеж, 1997, с.605
4. Витяев Е. Е., Харламов Е. Ю., Формализация понятия предсказания // Вероятностные идеи в науке и философии, материалы региональной конференции, Новосибирск, 2003, стр. 79-82
5. Витяев Е.Е. Семантический подход к созданию баз знаний. Семантический вероятностный вывод. // Выч. системы, Новосибирск, 1992, вып.146, с. 19-49
6. Витяев Е.Е. Принципы работы мозга. <http://wsni2003.narod.ru/Papers/Vityaev.htm>
7. Витяев Е.Е. Целеполагание как принцип работы мозга // Модели когнитивных процессов (Выч. системы, 158), Труды ИМ СО РАН, Новосибирск, 1997, с.9-52.
8. Витяев Е.Е. Вероятностное прогнозирование и предсказание как принцип работы мозга // Измерение и Модели Когнитивных Процессов (Выч. системы, 162), Новосибирск, 1998, Стр. 14-40.
9. Витяев Е.Е. Формальная модель работы мозга, основанная на принципе предсказания // Модели Когнитивных Процессов. (Выч. сист., 164), Новосибирск, 1998, стр. 3-61
10. Витяев Е.Е. Объяснение Теории Движений Н.А.Бернштейна. VII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2005», Сборник научных трудов, часть 1, Москва, 2005, стр.234-240
11. Михиенко Е.В., Витяев Е.Е. Моделирование работы функциональной системы, VI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2004». Сборник научных трудов. В 2-х частях. Ч.2., М.: МИФИ, 2004, 124-129.
12. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981. с. 140.
13. Kovalerchuk B., Vityaev E. Data Mining in Finance: Advances in Relational and Hybrid methods, Kluwer Academic Publishers, 2000, p.308.
14. Evgenii Vityaev, Boris Kovalerchuk, Empirical Theories Discovery based on the Measurement Theory. Mind and Machine, v.14, #4, 551-573, 2004
15. Vityaev E., Kovalerchuk B. Scientific Discovery website:
<http://www.math.nsc.ru/LBRT/logic/vityaev>