НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
80

Т. А. Капитонова

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт филисофии

Т. А. Капитонова

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Минск
«Белорусская наука»
2009

УДК 1:004.932.7'1.032.26
ББК 87
К 20

Научный редактор

доктор философских наук профессор А. И. Лойко

Рецензенты:

академик, доктор философских наук, профессор Д. И. Широканов,
кандидат философских наук Д. А. Вятченин

Капитонова, Т. А.

К20 Нейросетевое моделирование в распознавании образов: философско-методические аспекты / Т. А. Капитонова. — Минск : Белорус. наука, 2009. — 131 с.
ISBN 978-985-08-1008-3.

Монография посвящена разработке философско-методологических основ нейросетевого моделирования распознавания образов: раскрыты его исходные философско-методологические принципы, обозначены ключевые методологические проблемы (соответствие модели и прототипа, методологический статус гносеологического образа, когнитивно-операциональная структура нейросетевой модели распознавания и т. п.). Особое внимание уделено построению гносеологически адекватных моделей распознавания образов, разработаны соответствующие методологические рекомендации.

Адресуется научным работникам в области распознавания образов, современных информационных технологий, философам и широкому кругу читателей, интересующихся проблемами моделирования когнитивных процессов.

УДК 1:004.932.7'1.032.26
ББК 87

ISBN 978-985-08-1008-3

© Капитонова Т.А., 2009
© Оформление. РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Теория автоматического распознавания образов зарождается в рамках символьно-логической парадигмы с начала 60-х годов XX в. и развивается в дальнейшем по нескольким направлениям: геометрическому, статистическому, логическому, структурному. Развитие данной теории связано с работами К. Верхагена, Р. Гонсалеса, Е. Гелземы, А. Л. Горелика, Ф. Груна, И. Б. Гуревича, Р. Дейна, Р. Дуда, Н. Г. Загоруйко, А. Д. Закревского, Л. Канала, К. Надя, Н. Нильсона, Э. Патрика, В. П. Пересады, В. А. Скрипника, Г. Р. Тарловского, Дж. Ту, А. А. Фельдбаума, Я. А. Фомина, К. С. Фу, П. Харта, Я. З. Цыпкина и др.

Для теории автоматического распознавания образов характерно отсутствие единого универсального метода, что, наряду с широким использованием разнообразных эвристик, увеличивает значение исследовательской интуиции ученого-разработчика. Эвристический характер теории дополняется феноменологическим, экстенсивным характером ее концептуального и математического аппарата. Это обстоятельство является причиной недостаточной эффективности традиционных моделей распознавания.

Критичной для задач распознавания образов, требующих обработки больших массивов информации в реальном режиме времени и потому предъявляющих особые требования к быстродействию и вычислительной эффективности, оказалась и проблема вычислительной мощности. Это послужило причиной пересмотра традиционных принципов обработки информации и организации вычислительной архитектуры, что, в свою очередь, повлек-

ло принципиальное изменение методологии решения задач распознавания.

В этом пункте мы вплотную подходим к бионическому направлению развития искусственного интеллекта, которое предлагает свой вариант решения проблемы распознавания, связанный с нейронными сетями, также называемому коннекционистским (термин «коннекционизм» является производным от английского «connection» — связь, соединение).

Основополагающей для коннекционистской методологии выступила идея моделирования нейронов довольно простыми автоматами. В рамках этой идеи вся сложность мозга и гибкость его функционирования определяются связями между нейронами. При этом постулируется, что широкие возможности систем связей компенсируют упрощенность элементной базы и повышают надежность системы.

В философском плане методология коннекционизма предлагает новое видение мыслительных процессов, заменяя логические операции с символьными последовательностями на динамическую, чувствительную к структуре, обработку данных. На смену классической трактовке ментальных репрезентаций как символьных приходят субсимвольные распределенные ментальные репрезентации, не имеющие четкой пропозициональной структуры.

Методология коннекционизма предоставляет многообещающий инструментарий для развития когнитивных наук, так как ее ключевым пунктом является возможность динамической имитации нейросетью ментальных феноменов. Динамика такой нейронной сети может быть рассмотрена как процесс принятия решения, распределенный в пространстве (каждый нейрон принимает свое собственное решение) и во времени. Соответственно коннекционистская парадигма позволяет исследователям перебросить концептуальный мост между микроскопическим уровнем нейронов мозга и макроскопическим феноменом познания.

Исторически первыми нейросетевыми моделями распознавания образов явились пандэмониум О. Сэлфриджа

(1959) и перцептрон Ф. Розенблатта (1962). Они, несмотря на схематизм и недостаточное биологическое правдоподобие, представляя проблему распознавания в новом свете, вызвали значительный рост исследований в этой области.

Но в 1969 г. М. Минский и С. Пайперт опубликовали монографию «Перцептроны» [211], в которой были продемонстрированы ограниченные вычислительные возможности однослойного перцептрона, что привело к полному отрицанию перспектив нейросетевой методологии и приостановило исследовательские работы в данном направлении вплоть до конца 70-х годов XX в.

С конца 70-х годов прошлого века проблема распознавания образов приобрела новое звучание в связи с созданием нейросетевых ассоциативных моделей памяти, которые отличались бтльшим сходством с биологическим прототипом за счет использования возможностей динамических систем распределенной обработки информации (работы Дж. Андерсона, С. Гроссберга, Т. Кохонена, И. П. Муравьева, А. А. Фролова, Дж. Хопфилда и др.).

Значительный интерес современных исследователей к возможностям нейросетевого подхода в задачах распознавания образов связан с перспективностью его использования для построения как техноморфных, так и нейроморфных моделей распознавания образов. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Итак, альтернативой традиционной методологии, на аппаратном уровне использующей последовательные вычисления машин фон неймановского типа, выступили искусственные нейронные сети — вычислительные устройства, имитирующие нейронные структуры мозга и отличающиеся широким внедрением параллельной архитектуры и распределенной обработки данных. Их использование тем более актуально сегодня, когда стало ясно, что традиционная линия в компьютеростроении, предлагающая решить проблему вычислительной эффективности за счет увеличения количества вычислительных элементов, при одновременной минимизации их размеров, столкнулась, по мере ее неуклонного продвижения вглубь ма-

терии, с объективно непреодолимой преградой в виде действия соотношения неопределенностей Гейзенберга.

Искусственные нейросети привлекают исследователей не только высокими техническими параметрами, такими как вычислительная эффективность и быстродействие, но также использованием аналогии с нейронными структурами мозга. Говоря другими словами, мы имеем дело с новой формой вычислительного моделирования, не только принимающей в расчет вычислительные возможности параллельной распределенной обработки данных, но также ориентирующейся на современные нейрофизиологические исследования. Эта расстановка акцентов является принципиальной: проблема биологической адекватности модели распознавания образов, т. е. ее соответствие прототипу, оказывается ключевой и не может быть вынесена за скобки.

Нейросети не только представляют собой новую вычислительную технологию, но и направлены на изучение и использование преимуществ, которыми обладает природа в лице биологических существ с нервной системой, отличающейся высокоэффективными способами представления и обработки информации, в том числе и при распознавании образов. Преимущество нейросетевого подхода связано с возможностью создания интегрирующего, меж- и метадисциплинарного метода моделирования, применение которого уместно не только по отношению к традиционным формализуемым задачам, но также и к нетрадиционным, трудно алгоритмизуемым, отличающимся определенным уровнем сложности.

Важность построения техноморфных моделей обусловлена необходимостью улучшения ряда технических показателей, таких как вычислительная эффективность, скорость распознавания и т. п., для задач распознавания образов, предъявляющих к ним особые, повышенные требования. В свою очередь, возможность построения техноморфных моделей определяется отказом нейросетевой методологии от традиционных принципов обработки информации и организации вычислительной архитектуры в пользу параллельной архитектуры и распределенной обработки данных.

В современной методологии распознавания образов наряду с разработкой техноморфных моделей важное место занимают исследования в области биоморфных моделей, расширяющих аналогию между моделью и прототипом за счет воспроизведения принципов и механизмов, характерных для нервной системы живых существ. Здесь стоит упомянуть работы: Дж. Андерсона, Д. Баллард, М. А. Гремиллиона, В. Н. Кироя, К. Кларка, А. Д. Линкевича, А. В. Савельева, Т. Сежновского, О. Спорнса, Дж. Фельдмана, П. Черчлэнда и др.

В то же время в современных исследованиях не нашла должного выражения важная философско-методологическая проблема адекватности нейросетевой модели распознавания своему прототипу. При ее разработке мы ориентировались на работы следующих авторов: Н. А. Бернштейна, Е. И. Бойко, Б. С. Грязнова, Д. И. Дубровского, Б. С. Дынина, В. Ю. Крылова, В. К. Лукашевича, Ю. И. Морозова, И. Б. Новика, Д. Ю. Панова, В. С. Тюхтина, А. И. Уемова, И. Т. Фролова и др.

Междисциплинарный характер проблемы распознавания образов делает перспективным дополнение и расширение нейросетевых моделей распознавания за счет квантовой и синергетической методологий, нейронечеткой логики, генетических алгоритмов и др. Стоит отметить также возможность различных вариантов аппаратной реализации нейросетевых моделей распознавания образов: нейрооптических, биомолекулярных и т. п. В русле данной проблематики представлены работы: Д. Вентуры, Д. А. Вятченина, Л. А. Заде, Е. М. Иванова, О. П. Кузнецова, А. Д. Линкевича, М. Перуса, Н. Г. Рамбиди, В. Б. Тарасова, А. В. Тимофеева, Д. С. Чернавского, Г. Хакена и др.

При значительном количестве исследований, посвященных разработке формальной, технической стороны нейросетевой методологии распознавания, в отечественной и зарубежной литературе практически отсутствуют работы философско-методологического плана, связанные с осмыслением ее специфики и перспектив дальнейшего развития.

В связи с этим актуальность предлагаемого вниманию читателей монографического исследования определяется недостаточной разработанностью как в отечественной, так и в зарубежной литературе философско-методологических аспектов нейросетевого подхода к распознаванию образов как приоритетной задачи в создании искусственного интеллекта. Понятно, что дальнейшее развитие аппарата искусственных нейронных сетей и разработка качественно новых, биологически адекватных моделей распознавания образов оказываются возможными только на основании всестороннего и прежде всего философского осмысления представленных в данной области разработок и путей их дальнейшего совершенствования.

Именно выявление исходных методологических принципов моделирования, анализ состава и структуры сложившейся в нем деятельности, определение глубины аналогии модели и прототипа и т. п. — исследование данных проблем позволит преодолеть доминирующую сегодня узкопредметную точку зрения на нейросетевую методологию распознавания образов.

Глава 1

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

1.1. Эволюция нейросетевого подхода в распознавании образов.

Данный раздел посвящен изучению эволюции развития методологической мысли в нейросетевом моделировании распознавания образов. В частности, здесь мы выявим закономерности развития нейросетевой методологии распознавания образов на различных исторических этапах, включая и современный, определим ключевые методологические проблемы нейросетевого моделирования распознавания образов, обозначим направления дальнейших исследований в этой области.

Примерно с середины XX в. в рамках кибернетики, под влиянием зарождающейся идеологии тотальной автоматизации и информатизации, стремящейся автоматизировать не только механический, но также и интеллектуальный труд, наблюдается взрыв исследований по созданию систем искусственного интеллекта. В это же время начинают формироваться два основных подхода к созданию разумных систем: символьно-логический подход, предполагающий формализацию и алгоритмизацию интеллектуальной деятельности, и нейросетевой, особенно подчеркивающий роль структуры материального субстрата интеллекта.

В рамках символьно-логической парадигмы искусственного интеллекта, впоследствии продемонстрировавшей свою плодотворность при решении ряда символьно-логических задач, возникли значительные трудности при попытке технического воспроизведения свойственной всем живым существам способности к распознаванию образов. Для решения этой задачи с начала 60-х годов XX в. в рамках

разработки искусственного интеллекта начинает формироваться направление автоматического распознавания образов.

К этому же времени относятся и первые попытки построения нейросетевых моделей распознавания образов, такие как пандемониум О. Сэлфриджа (1959), перцептрон Ф. Розенблатта (1962) и др. Несмотря на схематизм и недостаточное биологическое правдоподобие, перцептронные модели распознавания образов вызвали значительный интерес исследователей.

В 1969 г. М. Минский и С. Пайперт опубликовали монографию «Перцептроны» [211], в которой были продемонстрированы ограниченные вычислительные возможности однослойного перцептрона, что привело к полному отрицанию перспектив нейросетевой методологии и приостановило исследовательские работы в данном направлении вплоть до конца 70-х годов XX в.

Долгое время разработка частных алгоритмов в направлении автоматического распознавания образов проводилась в рамках следующих общетеоретических подходов: геометрического, статистического, логического, структурного.

Но с конца 70-х — середины 80-х годов вновь наблюдается возрождение интереса исследователей, не затухающего и по сегодняшний день, к возможностям нейросетевой методологии в задачах распознавания образов. В значительной степени это связано со следующими обстоятельствами.

Эвристический характер теории автоматического распознавания образов, проявляющийся в отсутствии единого универсального подхода и потому отводящий важное место исследовательской интуиции ученого-разработчика, во многом дополнялся феноменологическим, экстенсивным характером концептуального и математического аппарата традиционных подходов к решению задач распознавания образов. Это выступило причиной недостаточной эффективности традиционных моделей распознавания, во многом усугубляемой традиционными методами организации вычислительного процесса в ЭВМ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. **Нейросетевой подход в распознавании образов**. . . 9

1.1. Эволюция нейросетевого подхода в распознавании образов. 9
1.2. Методологические особенности нейросетевого подхода в распознавании образов. 24
1.3. Методологические принципы нейросетевого подхода в распознавании образов 39
1.3.1. Принципы структурной доминанты и нейроморфности (биоморфности) 39
1.3.2. Вероятностно-индуктивный принцип. 45
1.3.3. Принцип обучаемости 47
1.3.4. Синергетические принципы сложности, нелинейности, диссипативности 50
Выводы 51

Глава 2. **Методологические проблемы нейросетевого моделирования распознавания образов** 55

2.1. Проблема нейроморфности/биоморфности 55
2.1.1. Нейроморфные принципы представления и обработки информации. 57
2.1.2. Проблема имитации структурной и функциональной организации мозга 61
2.2. Методологический статус гносеологического и кибернетического образа в нейросетевом моделировании 67
2.2.1. Компаративный анализ кибернетического и гносеологического образа 67
2.2.2. Закономерности и механизмы формирования гносеологического образа 73

2.2.3. Проблема представленности материального субстрата гносеологического образа в нейросетевом моделировании 79
2.3. Методологические предпосылки структуры деятельности в нейросетевом моделировании распознавания образов. 84
2.3.1. Этап обучения 86
2.3.2. Этап предопознавания. 92
2.3.3. Этап сличения. 96
2.3.4. Этап классификации 100
2.3.5. Этап постопознавания. 101
Выводы 108

Заключение 113

Список использованных источников 117

Научное издание

Капитонова Татьяна Александровна

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ:

философско-методологические аспекты

Редакторы *Т. С. Климович, Т. А. Горбачевская*
Художественный редактор *Т. Д. Царева*
Компьютерная верстка *Н. И. Кашуба*

Подписано в печать 26.01.2009. Формат $84\times108^{1}/_{32}$. Бум. офсетная.
Гарнитура «Таймс ЕТ». Усл. печ. л. 6,93. Усл. кр.-отт. 7,35.
Уч.-изд. л. 6,6. Тираж 150 экз. Заказ 41.

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука». ЛИ № 02330/0131569 от 11.05.2005.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.

Отпечатано в РУП «Издательский дом «Белорусская наука».