

УДК 517.958:52/59

*Е.Е. СЛЯДНИКОВ***МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В ЦИТОСКЕЛЕТЕ НЕЙРОНА**

Сформулированы основные принципы и модель распознавания образов в цитоскелете нейрона.

Ключевые слова: цитоскелет нейрона, микротрубочка, распознавание образов, алгоритм.

В экспериментах с изолированной нервной клеткой [1] было доказано, что даже отдельный нейрон, не имеющий никаких синапсов, с изменением состояния которых обычно связывают способность мозга к обучению и памяти, проявляет сложное и интересное поведение, способен обучаться и запоминать результаты найденной тактики поведения. Исследования управления поведением фибробластов с помощью ИК-лучей позволили прийти к выводу о наличии «клеточного мозга» и высказать гипотезу о том, что роль этого органа исполняет центр организации микротрубочек (ЦОМ) цитоскелета. С другой стороны, в статьях [2, 3] логика работы мозга представляется как непрерывное во времени предсказание мозгом событий окружающей среды с одновременным тотальным контролем акцепторами правильности сделанных предсказаний. Формальная модель нейрона определяет функцию нейрона как осуществление семантического вероятностного вывода правил, предсказывающих по его входным возбуждениям выходное возбуждение аксона [3]. Поэтому весьма актуальной является задача установления взаимосвязи между логической (предсказательной) моделью нейрона и физической, информационной моделью цитоскелета нейрона.

Недавно были сформулированы физические основы и построена модель обработки данных в дипольной системе микротрубочки цитоскелета [4–6]. Однако для построения информационной модели цитоскелета нейрона не достаточно знать физические свойства молекул тубулина и их взаимодействий между собой. Для понимания совершенно необходимо уметь сжато описывать большие группы молекул тубулина, например, микротрубочки цитоскелета. Затем нужны сжатые описания крупных блоков цитоскелета (дендриты, ЦОМ, аксон), состоящих из сетей микротрубочек. Это дает возможность сжато моделировать цитоскелет нейрона, исходя из свойств элементов его структуры – микротрубочек цитоскелета. Информационные свойства микротрубочки нам известны [4–6]: восприятие и представление данных, нелинейное проектирование характерных признаков образа с большей размерностью в другое пространство характерных признаков с существенно меньшей размерностью, распознавание образов, сжатие данных, ассоциативная память, способность к обучению. Разумно предположить, что модель цитоскелета нейрона может быть сформулирована исходя из логично ожидаемой же взаимосвязи его реальной материальной структуры и его функции распознавания образов на более высоком уровне, чем микротрубочка.

Цитоскелет воспринимает сенсорные данные через синапсы дендритов из внешней среды, обрабатывает данные в сети микротрубочек каждого дендрита, обменивается данными с ЦОМ, который координирует работу всех подсистем цитоскелета, распознает образы, обменивается данными с сетью микротрубочек аксона, затем через синапсы аксона передает данные во внешнюю среду. С точки зрения математики это равносильно утверждению, что обработка данных в цитоскелете может быть описана с помощью функции цитоскелета, которая отображает любую конкретную последовательность актов восприятия на некоторое пространство полезных признаков и проводит классификацию входных сигналов. Для сокращения описания цитоскелета как черного ящика разумно уйти от феноменологического описания и построить модель цитоскелета, которая представляет собой формулировку конкретного алгоритма, реализующего функцию цитоскелета. Таким образом, функция цитоскелета представляет собой математическое описание преобразования его входного сигнала в выходной, а алгоритм цитоскелета – это ее конкретная реализация, действующая в рамках вычислительной архитектуры цитоскелета.

Необходимо разработать алгоритм цитоскелета, который реализует функцию цитоскелета, отображая данные восприятия на выходные данные. Предполагается, что алгоритм должен работать в системе, состоящей из синапсов дендритов, сетей микротрубочек дендритов, ЦОМ, сети

микротрубочек аксона, синапсов аксона. В целом, эти компоненты будем называть вычислительной архитектурой цитоскелета, а вычислительную структуру цитоскелета обозначим формулой: вычислительная структура = вычислительная архитектура + алгоритм. Очевидно, выбранный алгоритм должен быть подходящим для этой архитектуры. Архитектура обеспечивает передачу в алгоритм данных восприятия, полученных от синапсов, представление данных, выполнение алгоритма, решение задачи распознавания образов, передачу выходных данных.

Наличие блочной физической структуры цитоскелета делает целесообразным построение блочной вычислительной структуры цитоскелета. Цитоскелет состоит из трех вычислительных блоков (дендриты, ЦОМ, аксон), которые при решении задачи распознавания обрабатывают данные и обмениваются ими.

Информационная система дендритов представляет собой сеть микротрубочек цитоскелета, является обучаемым блоком. Она делает те преобразования входных данных, которые, согласно ожиданиям целесообразны. Изолированная микротрубочка дендрита, получающая на вход вектор размерности приблизительно 13×1000 через «интерфейс» размерности тринадцать, за счет эффекта сверхизлучения Дикке синхронизирует активность всей микротрубочки дендрита и отображает сегмент изображения в пространство некоторого полезного признака. Поскольку микротрубочки дендрита взаимосвязаны и образуют сеть, то в целом дендрит отображает сегмент изображения в пространство многих полезных признаков.

ЦОМ координирует работу информационных систем дендритов и аксона. В информационную систему ЦОМ допускаются коротко кодируемые описания всех сегментов изображения. Код, характеризующий полезный признак, попадает в логическую функцию ЦОМ. Он начинает искать способ отделить с помощью этого полезного признака одни части изображения от других. Если это не получается, то ЦОМ дает команду и информационная система дендритов начнет применять другие операции для преобразования сегментов изображения. На каком-то этапе система дойдет до полезного признака, который произведет сечение изображения. Множество значений этого признака распадется на компактные области и попадет в логическую функцию ЦОМ. Это позволяет разбить изображение на группы. Таким образом, на этом этапе информационной системе дендритов удастся получить некоторое короткое описание изображения. После этого ЦОМ дает команду передать это описание в виде входных данных в сеть аксона, который имеет дело только с описаниями всего изображения, а не его частей – сегментов.

Информационная система аксона представляет собой сеть микротрубочек цитоскелета и является обучаемым блоком. В информационную систему аксона попадают описания всего изображения. Сеть аксона начинает с обработки всего изображения, т.е. с применением операторов, описывающих изображение в целом, а не разбивающих его на части.

Цитоскелет – это информационная система, воспринимающая и представляющая входные данные, осуществляющая нелинейное, сложное, вырожденное преобразование, пространства входных данных в пространство полезных признаков, в котором легко осуществляется разделение объектов на классы (распознавание образов), результат которого передается на выход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Albrecht-Buehler G. // Cell and Muscle Motility. – N.Y.: Plenum Press, 1985. – V. 6. – P. 1–21.
2. Ershov Y.L., Goncharov S.S., and Sviridenco D.I. // Informational Processing 86. – North-Holland, 1986. – P. 1093–1100.
3. Витяев Е.Е. // Материалы XIV Междунар. конф. по нейрокибернетике. – Ростов н/Д, 2005. – С. 14–17.
4. Слядников Е.Е. // ЖТФ. – 2007. – Т. 32. – Вып. 8. – С. 52–59.
5. Слядников Е.Е. // ЖТФ. – 2009. – Т. 79. – Вып. 7. – С. 1–12.
6. Слядников Е.Е. // ЖТФ. – 2011. – Т. 81. – Вып. 12. – С. 1–33.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
Томский филиал ИВТ СО РАН, г. Томск, Россия
E-mail: opi@hq.tsc.ru

Поступила в редакцию 20.07.12.