

УДК 614.8.084, 004.896

И.В. Степанян**НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

Рассмотрен способ нейрокомпьютерного моделирования зрительного анализатора человека. Модель основана на природном аналоге, из которого заимствован способ подачи сигнала непосредственно с сетчатки в проекционную зону коры головного мозга. Машинное зрение, основанное на предложенной модели, позволит повысить уровень обеспечения безопасности человека, например горнорабочего, находящегося в сложных и опасных условиях, связанных с риском для здоровья и жизни.

Ключевые слова: нейрокомпьютерное моделирование, зрительный анализатор, обеспечение безопасности.

Семинар № 24

**Бороться и искать,
найти и не сдаваться**

В эпитаф положен лейтмотив романа «Два капитана» Вениамина Каверина. Профессия горнорабочего издавна связана с риском для жизни (рис. 1): по оценкам специалистов около 70 % шахт опасные по взрывам метана и угольной пыли, 17,6 % – опасные по выбросам угля и газа, 27,3 % – опасные по горным ударам, 56,7 % – разрабатывают самовозгорающиеся пласты. Шахтеры трудятся на предприятиях с повышенной опасностью в стесненных, затемненных и обводненных условиях, с высоким давлением, газодинамическими и температурами явлениями. В этих условиях существенно возрастает опасность труда шахтеров от обвалов и обрушений, шахтного транспорта, взрывов газа и угольной пыли. При этом угольная промышленность по сравнению с другими производствами занимает I место по уровню профессиональных заболеваний.



Демидовские горнорабочие.

Рис. 1. Сохранившаяся до наших дней фотография Демидовских горнорабочих

В угольных шахтах условия труда характеризуются наличием ряда факторов, оказывающих вредное влияние на организм человека: пыль, шум, вибрация, резкие перепады температур, повышенная влажность воздуха, необходимость работать в вынужденной позе, вредные газы (см. например [2], [4]). Воздействие этих факторов вызывает профессиональные заболевания горнорабочих: пневмокониозы,



Рис. 2. Известные нейросетевые парадигмы

пылевые бронхиты, невриты, вибрационная болезнь, глухоту, экземы и т. п.

Современные информационные технологии позволяют повысить уровень обеспечения безопасности на шахтах и способствовать сохранению здоровья шахтеров (см. например [5], [7], [14]) за счет применения автоматизированных интеллектуальных систем. Эти системы включают в себя системы диагностики и управления, распознавания, роботизированные приводы и пр. В теории искусственного интеллекта можно выделить три основных направления (рис. 2).

Обучение с учителем берет свое начало с математической модели нейрона Мак Калокка и Питса, предложенной ими в 1943 году. Типичный пример этого подхода – перцептрон Розенблатта. Обучение без учителя – более современная и мощная парадигма, примером которой является нейросетевая модель Тойво Кохонена. Обе эти парадигмы берут свое биофизическое начало от Хебба, который установил зависимость между частотой импульсации двух нейронов и соответствующей синаптической связью. Особо подчеркнем, что все эти модели являются математическими моделями нейронов.

В тоже время существует нейрофизиологический подход, являющийся творческим наследием выдающихся ученых: П.К. Анохина, И.М. Сеченова и А.А. Ухтомского. Этот подход стоит отдельно поскольку он не вычислителен по своей сути; его можно

отнести как к обучению с учителем так и без него.

Для реализации машинного зрения можно подойти с позиции нейрофизиологического подхода. В СССР под руководством В.Д. Цыганкова был разработан и применен нейрокомпьютер [9], [10], [11], который представляет собой электронную нейрофизиологическую модель мозга человека. Его схема представлена на рис 3. В отличие от других известных парадигм данная разработка может рассматриваться как модель целого мозга и служит в частности для моделирования слухового и зрительного анализаторов, а также высшей нервной деятельности.

Виртуальная нейронная сеть нейрокомпьютера представляет собой разновидность Марковской многослойной цепи нейронов в виде множества двоичных кодов – состояний регистра внутренней памяти, связанных вероятностными связями, а синаптические веса нейронов зависят от состояния внутренней памяти и вида образа внешней среды на сенсорной матрице. В процессе активации нейронной сети часть ранее возбужденных нейронов выходит из работы, а другая часть начинает работать в функциональной системе, экстренно возникающей в результате «осмотра» образа на сенсорной матрице под воздействием гипотезы восприятия подкоркового активизирующего центра – блока выдвижения гипотез (БВГ).

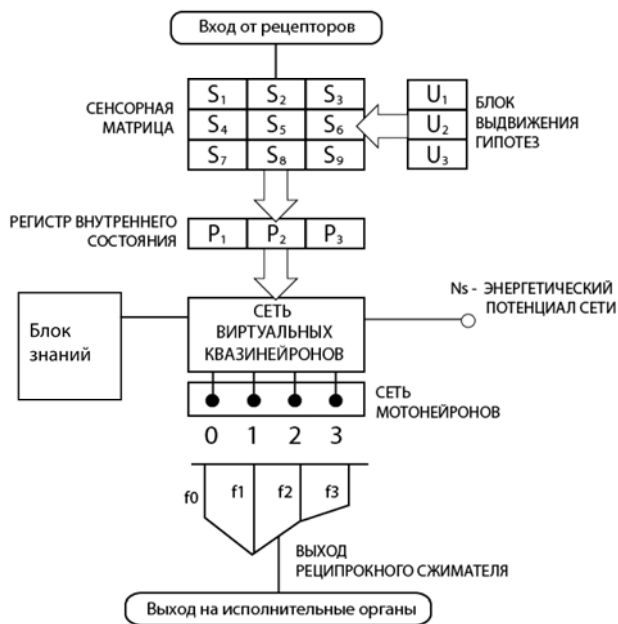


Рис. 3. Схема виртуального нейрокompьютера с блоком знаний, подключенным к сети виртуальных нейронов

организации и подробно описан в [9], [10].

Ассоциативную нейронную сеть на рис. 4 можно рассматривать на уровне мотонейронов (рис 5). Сеть мотонейронов является фрактально заархивированной копией исходной нейросети. Мотонейронная сеть отличается от ассоциативной сети видами симметрий, в некоторых случаях вырождена, в ней наблюдаются нелинейности и самоорганизация.

Эту сеть можно использовать для управления системами оповещения, классификации, прогнозирования.

Если при моделировании зрительного анализатора и реализации машинного зрения сопоставить компоненты нейрокompьютера живому мозгу, то рецепторам соответствует зрение, сенсорная матрица соответствует проекционной зоне коры головного мозга, регистр внутреннего состояния отвечает за кратковременную память, сеть виртуальных квазинейронов – это ассоциативная нейронная сеть. Блок выдвижения гипотез моделирует подкорковые структуры и принцип доминанты Ухтомского. Блок знаний – моделирует неокортекс и долговременную память, сеть мотонейронов может рассматриваться как спинной мозг, реципрокный сжиматель – моделирует двигательную деятельность исполнительных органов (по Сеченову).

Зрение – сложный биологический процесс, в котором участвует мозг посредством высшей нервной деятельности.

Пример ассоциативной нейронной сети на уровне кодов-слов показан на рис. 4.

Особенностью этой модели мозга является реализованный в ней нейрофизиологический «принцип экстренной мобилизуемости», известный из теории функциональных систем академика П.К. Анохина [1]. Это возможность быстрого, в реальном времени создания и перестройки сложной нейронной сети, состоящей из сотен тысяч и более виртуальных нейронов (квазинейронов). При малом расходе оборудования можно получать сотни тысяч нейронов с их быстро образуемыми и перестраиваемыми связями, что приближает такой подход к живому природному аналогу нейронной организации.

К преимуществам данной разработки можно отнести обработку сигналов в реальном времени, управление, решение интеллектуальных задач, мгновенное реагирование, сложное поведение. Принцип действия нейрокompьютера основан на само-

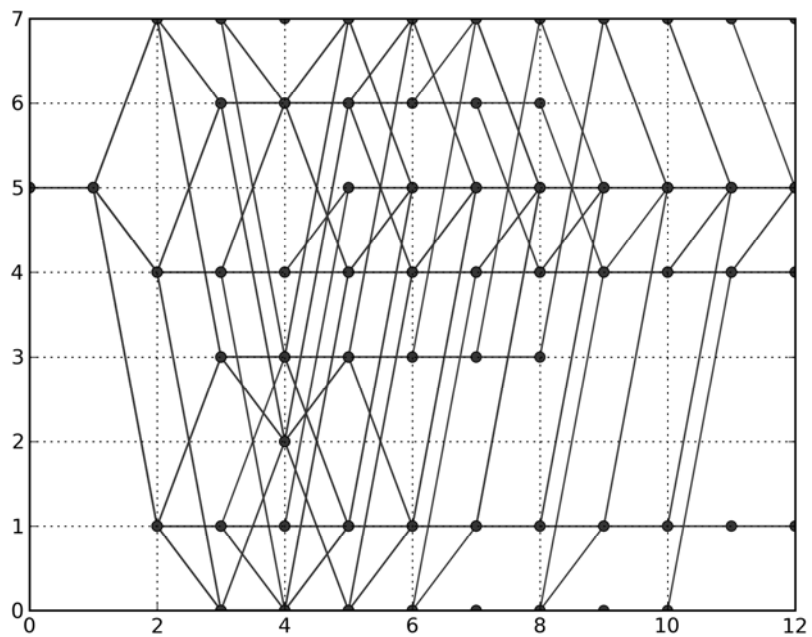


Рис. 4. Пример ассоциативной нейронной сети на уровне кодов-слов

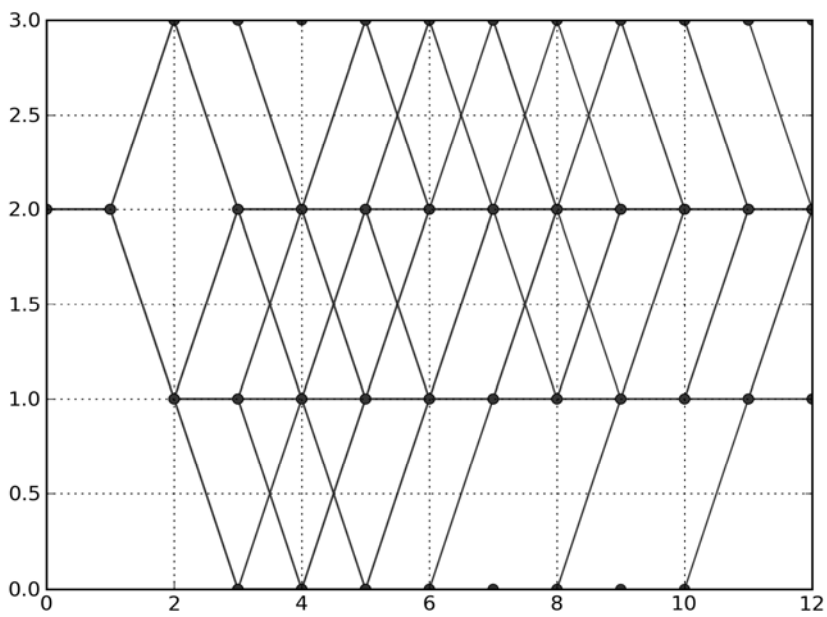


Рис. 5. Сеть мотонейронов

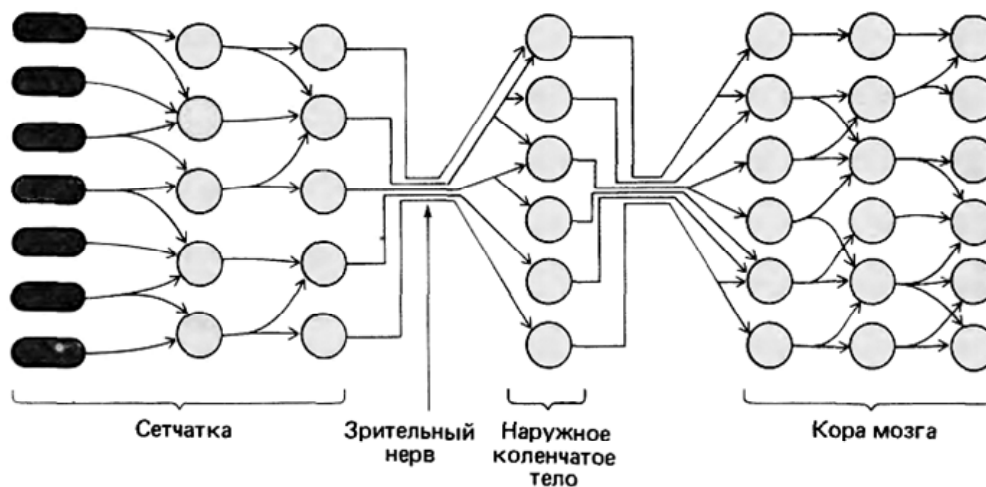


Рис 6. Начальные уровни зрительной системы млекопитающих имеют слоистую организацию, часто встречающуюся в центральной нервной системе. Первые три уровня размещаются в сетчатке, остальные в мозгу – в наружных коленчатых телах и далее в коре мозга. Рисунок заимствован из [8]

Обращение к зрительной системе вызвано тем, что о ней известно сравнительно много относительно других отделов мозга [8]. Для нейросетевой обработки реальных образов требуется высокая разрядность нейрокомпьютера, что сложно и дорого реализуется на современной микроэлементной базе. В связи с этим, были рассмотрены механизмы биологического зрения. В своей книге [8] известный американский нейрофизиолог Хьюбел, лауреат Нобелевской премии, изложил устройство нейронных структур зрительной системы, включая кору головного мозга. На эту модель автор опирался при моделировании зрительного анализатора. Схема зрения по Хьюбелу представлена на рисунке 6.

Из рис. 6 можно заметить, что перед передачей зрительного сигнала на наружное коленчатое тело в первом слое сетчатки нейроны имеют по 2 или 3 соединения. Следовательно, для реализации машинного зрения можно использовать коллектив двух-

и трехразрядных нейрокомпьютеров работающих одновременно. Исходя из этого, нами была разработана параллельная нейросетевая среда, которая в реальном времени обрабатывает сложные образы, поступающие на общую сенсорную матрицу коллектива нейрокомпьютеров. Таким образом, исходя из биологии для моделирования машинного зрения мы отказались от линейноматричного представления информации на сенсорной матрице в пользу треугольно-радиальной (см. рис. 7).

Треугольно-радиальная архитектура передачи сигналов на сенсорную матрицу нейрокомпьютера представляет собой набор равносторонних треугольников, которые лежат на окружностях (рис. 7). Каждый треугольник соответствует строке сенсорной матрицы трехразрядного нейрокомпьютера, которая имеет размер 3×3 . Таким образом, коллектив трехразрядных нейрокомпьютеров моделирует зрачок. Построенная модель зрения позволяет нейрокомпьютер-

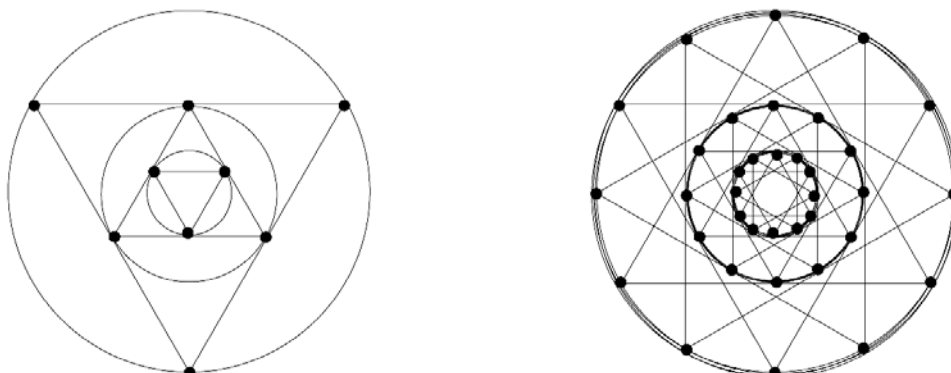


Рис. 7. Треугольно-радиальная архитектура подачи сигналов на сенсорную матрицу нейрокомпьютера. Левый рисунок соответствует одному нейрокомпьютеру, правый – коллективу нейрокомпьютеров (модель зрачка)

ному вниманию в виде модели доминанты Ухтомского [6] под действием блока выдвижения гипотез и потока импульсов из активационного центра перетекать с мелких деталей на крупные и наоборот, управлять положением «зрачка» для поиска и идентификации новой информации. Нейрокомпьютерное зрение позволяет наблюдать и идентифицировать единый образ неразрывно и целостно коллективом нейрокомпьютеров с «классическим» линейно-матричным способом передачи сигнала.

Типичный пример поведения человеческого зрачка в виде его траектории при осмотре и узнавании предмета – картина Шишкина «В лесу». Чаще всего глаз возвращается к смысловому центру – фигурке человека [12],[13]. Нейрофизиологическая модель мозга при моделировании зрения дает аналогичный результат.

Работа блока выдвижения гипотез заключается в определении «новизны» информации при обработке образов в процессе синтеза нейронной сети. При этом поворот наблюдаемого об-

раза на 90 градусов рождает новую по структуре и топологии нейронную сеть.


Интересные результаты дало нейросетевое моделирование в трехзначной логике. Согласно одной из теорий зрения человеческий глаз различает три цвета: красный, синий и зеленый (модель RGB). При переходе в поле трех информационных единиц R,G,B наблюдаются нейросети, которые имеют сложное поведение и организацию. При этом становится возможным моделировать цветовое восприятие. Так, например, двухрядный трехзначный нейрокомпьютер порождает нейронные сети в пространстве девяти кодов, в то время как трехрядный двухзначный нейрокомпьютер работает в пространстве восьми кодов. Готовая техническая реализация нейрокомпьютерного зрения доступна через интерфейс на сайте www.neurocomputer.ru.

Описанный подход перспективен в нанотехнологиях [3]. Полученные результаты можно применять для нейрокомпьютерного моделирования

различных анализаторов, в том числе слухового, например, для прогнозирования обрушений пород, а также других отделов мозга и процессов

высшей нервной деятельности человека для обеспечения безопасности человека в сложных, экстремальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П.К. Теория функциональной системы, // Успехи физиологических наук. – Т.1. – № 1. – 1970.
2. Денисов Э.И. Виброакустические измерения в гигиене труда // Измерительная техника. – 1983. – № 11. – С. 53–55.
3. Биомолекулярные нейросетевые устройства / Под ред. Н.Г. Рамбиди. М.: ИПРЖР, 2002. – 224 с.
4. Передерий Г.С., Суханов В.В., Валушина В.М., Мухин В.В. Медицинские проблемы охраны труда и поддержания работоспособности горнорабочих угольных шахт // Охрана труда. – 1999. – №12. – С. 42–44
5. Степанян И.В. Нейроэволюционный поиск в задаче распознавания результатов акустической спирометрии. – Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 5. – С. 286-295.
6. Ухтомский А.А. Доминанта. М. – Л., Наука, 1966.
7. Хомич А.В., Степанян И.В., Карпишук А.В. Принцип блочности в эволюционной оптимизации структур нейронных сетей. – Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2006. – № 3. – С. 17–25.
8. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. – М.: Мир, 1990.
9. Цыганков В.Д. Нейрокомпьютер и мозг. – М.: Синтег, 2001.
10. Цыганков В.Д. Нейрокомпьютер и его применение. – М.: Сол Систем, 1993.
11. Цыганков В.Д., Соловьев С.В. Решение ФИПС от 17 октября 2008 г. о выдате патента РФ на изобретение «Нейрокомпьютер и способ нейронной обработки информации» № 2007125348 от 05 июля 2007 г. Москва. – 2008.
12. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. – М.: Наука, 1965. – 166 с.
13. Privitera C.M., Stark L. Scanpath Theory, Attention and Image Processing Algorithms for Prediction of Human Eye Fixations. // Neurobiology of Attention, Elsevier, Academic. – 2005. – p. 663–670.
14. Shkundin S., Denisov E., Stepanian I., Volgariova A. Prospects of neural networks in noise assessment. – EuroNoise 2006, 30 May – 1 June, 2006. Tampere, Finland. – SS13-492. 

Коротко об авторе

Степанян И.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры Электротехники и информационных систем Московского государственного горного университета, skwwwks@gmail.com
Moscow State Mining University, Russia

