

## Введение

По мнению автора, ближайшее настоящее — это период 2016–2018 гг. Ближайшее будущее — 2019–2030 гг. Приведенные ниже предложения по развитию разработок интегрированных нейросетевых систем управления роботами любого вида (мозг роботов) представлены коллективом, имеющим более чем 50-летний опыт разработок и применения нейросетевых технологий в следующем составе организаций, функционирующих в настоящее время:

- Центр нейросетевых технологий Международного центра по информатике и электронике;
- ФГАНУ Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти;
- Московский физико-технический институт (государственный университет);
- Факультет компьютерных наук Высшей школы экономики.

Данная работа является естественным продолжением многолетних работ по развитию и внедрению нейросетевых технологий и, в особенности, работы [1], посвященной созданию интегрированной нейросетевой системы управления роботами. За последние 10 лет мало что изменялось в понимании постановок задач управления роботами, меняются лишь средства реализации данных задач в связи с развитием технологий микроэлектроники и нейросетевых технологий.

Результаты развития этой работы за последние 10 лет в области развития нейросетевых технологий представлены в [2, 3].

Обращает на себя внимание практически полное отсутствие даже элементов так называемого искусственного мышления у роботов, представленных, в частности, на выставке IREX 2015 — International Robot Exhibition (г. Токио, 2–5 октября 2015 г.). Выставка является по сути дела попыткой обозначить будущую сферу применения роботов и никак не касается разработки «мозга роботов», в значительной степени общей для роботов различного вида.

Нейросетевые технологии постоянно развивались с середины 40-х годов прошлого века и в настоящее время вызывают все больший и больший интерес у разработчиков конкретных сложных систем. На рис. 1–3 представлены соответственно:

- рост числа публикаций по нейросетевым технологиям за последние 25–30 лет;
- карта сообщества электронных инженеров в нейроморфной области в 1990 г. и 2013 г.;
- основные зарубежные проекты по созданию супернейрокомпьютеров.

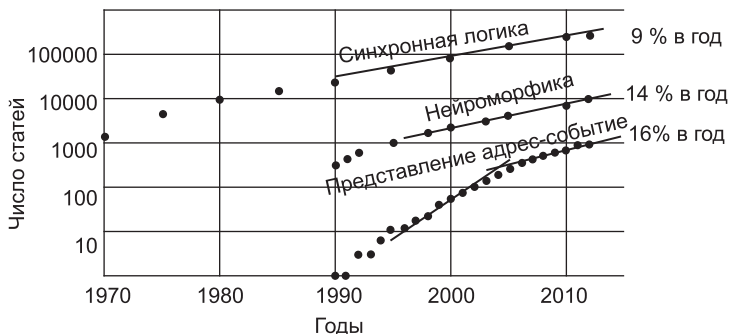


Рис. 1. Рост числа публикаций во времени (из GoogleScholar)

Автор убежден в первоочередности применения нейросетевых технологий для решения подавляющего большинства задач в системе управления современными и перспективными роботами. Именно поэтому вычислительная система, предназначенная для реализации системы управления каждым конкретным роботом, должна быть нейроморфной системой и строиться в соответствии со структурой, включающей в себя центральный нейрокомпьютер, решающий группу задач, и набор специализированных периферийных нейрокомпьютеров, реализующих:

- зрение роботов;
- речевой диалог с роботами;
- управление движением роботов, в том числе автопилот, устойчивая ходьба, бег и т. д.;
- систему «глаз–рука»;
- мягкий схват;
- другие задачи.

Исходной информацией для построения вычислительной системы управления конкретным роботом всегда должна быть конкретная реализация робота с его предполагаемыми функциями.

Данная монография напрямую касается не только разработок роботов общего назначения, но и разработок по программам Aeronet, Autonet и Marynet.

Одной из целей монографии является, с одной стороны, показать разработчикам вычислительных систем конкретных роботов ограничения их разработок, а с другой стороны, получить от них рекомендации по модификации предлагаемой структуры организации работ по созданию современных и перспективных нейросетевых распределенных вычислительных систем управления роботами.

Монография также ориентирована на слабо профессионально подготовленных в рассматриваемой области руководителей, которые об-



**Рис. 2.** Карта сообщества электронных инженеров в нейроморфной области в 1990 г. (вверху) и 2013 г. (внизу). Источник: Google

<ul style="list-style-type: none"> <li>● BICA</li> <li>● Big Brain</li> <li>● BioRC</li> <li>● Blue Brain</li> <li>● Brain Initiative</li> <li>● Brainscales</li> <li>● Chist-Era Pneuma</li> <li>● Cog Ex-Machina</li> <li>● Connection</li> <li>● ERS Femmes project</li> <li>● ERS Nanobrain</li> <li>● Facets</li> <li>● FP7 Bion</li> <li>● FP7 Nabab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Human Brain</li> <li>● JFAT</li> <li>● MARBLE</li> <li>● MHANN</li> <li>● MONETA</li> <li>● Neu-Neu</li> <li>● NeuroDyn</li> <li>● Neurogrid</li> <li>● NTM3</li> <li>● PEPs project ASME</li> <li>● SAND</li> <li>● SPA UN</li> <li>● SpiNNaker</li> <li>● Synapse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Проект Irvine Sensors</li> <li>● Проект Лиерморской лаборатории</li> <li>● Проект Института передовых архитектур (Сандиа, Оак Ридж)</li> <li>● Проект Интел, центр</li> <li>● Проект eLiza самоуправляемой автономной компьютерной системы (IBM)</li> <li>● Проект нейроморфного компьютера с использованием мемристоров (Интел совместно с МТИ)</li> </ul>
---	---	--

**Рис. 3.** Основные зарубежные проекты по созданию супернейрокомпьютеров, в том числе с применением мемристоров

ладают ресурсами, ставят задачу разработки робота, доверяя многообещающим заявлениям молодых и других разработчиков. Она позволяет им ориентироваться в ложных, тупиковых направлениях развития робот по отдельным направлениям.

По нашему мнению, отход от предлагаемой схемы реализации нейросетевых систем управления роботами приведет к реализации множества доморощенных решений и излишней трате средств заказчиков.

## 1. Общая структура разработки интегрированных нейросетевых систем управления роботами

Предлагаемая структура разработки является общей и должна быть конкретизирована с привязкой к конкретному образцу разрабатываемого робота. Отказ от этой структуры должен быть обоснован разработчиком конкретными условиями функционирования и эксплуатации конкретного робота. Данная общая структура представлена на рис. 4. Исходной позицией здесь является конкретный тип разрабатываемого робота, для которого на уровне технического задания формулируются перечень решаемых задач и требования к их выполнению.

Для сформированных в перечне задач формулируется их нейросетевая постановка и далее разрабатывается нейросетевой алгоритм решаемой задачи. Для задачи нейроуправления формируются нейросетевые алгоритмы идентификации динамических объектов.

Для проверки качества разработанных алгоритмов формируются базы данных экспериментальной информации, которые используются как при разработке нейросетевых алгоритмов решения отдельных задач, так и для решения задач идентификации динамических объектов разрабатываемого робота.

Далее следует этап программирования нейросетевых алгоритмов решения задач и алгоритмов идентификации динамических объектов на персональных ЭВМ, желательно оснащенных по крайней мере одной платой NVIDIA с GPU для обеспечения разработки программного обеспечения в среде CUDA.

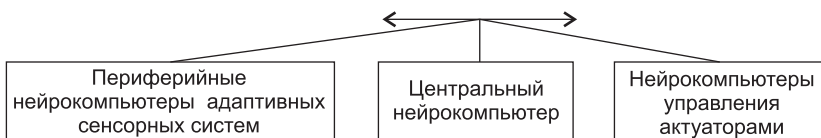


Рис. 4. Общая структура разработки интегрированных нейросетевых систем управления роботами

Все решения задач на персональных ЭВМ в среде CUDA и их сравнение с требуемым временем решения задачи позволят определить необходимость разработки программного обеспечения для супер-ЭВМ на базе графических процессоров с необходимым для обеспечения требуемого времени решения задачи числом GPU.

Выбор варианта реализации элементной базы для вычислительной системы управления роботом может не ограничиться вариантами ПЭВМ и системы на базе нескольких GPU из-за условий эксплуатации. В настоящее время возможно рассмотрение следующих вариантов выбора элементной базы:

2016–2018 гг.

- МВК «Эпьюрус» для специальных условий;
- СБИС фирмы «Элвис»;
- программируемые логические интегральные схемы отечественного или импортного производства.

2019–2030 гг.

- аналоговые, аналого-цифровые и цифровые нейрочипы (если позволят выделенные на разработку средства и сроки выполнения работ);
- мемристорные нейрочипы (на 1-м этапе — доказательство эффективности их применения расчетным путем в будущем как обоснование необходимости развития мемристорной технологии для данного класса задач.

Предложенная схема разработки может сокращаться или дополняться в зависимости от конкретного типа робота.

## **2. Общая структура интегрированной нейросетевой системы управления роботами**

Общая структура интегрированной нейросетевой системы управления роботами представлена на рис. 5, а на рис. 6 — общая функциональная структура данной системы [1].

Ниже представлены сенсорные системы, требующие разработки специализированных нейрокомпьютеров для обеспечения адаптивного функционирования, диагностики и калибровки:

- система цветного 2D–3D-зрения, включая выполнение следующих функций:
  - сегментация изображений;
  - сжатие изображений;
  - выделение движущихся объектов;
  - распознавание;
  - инвариантность к группе преобразований;