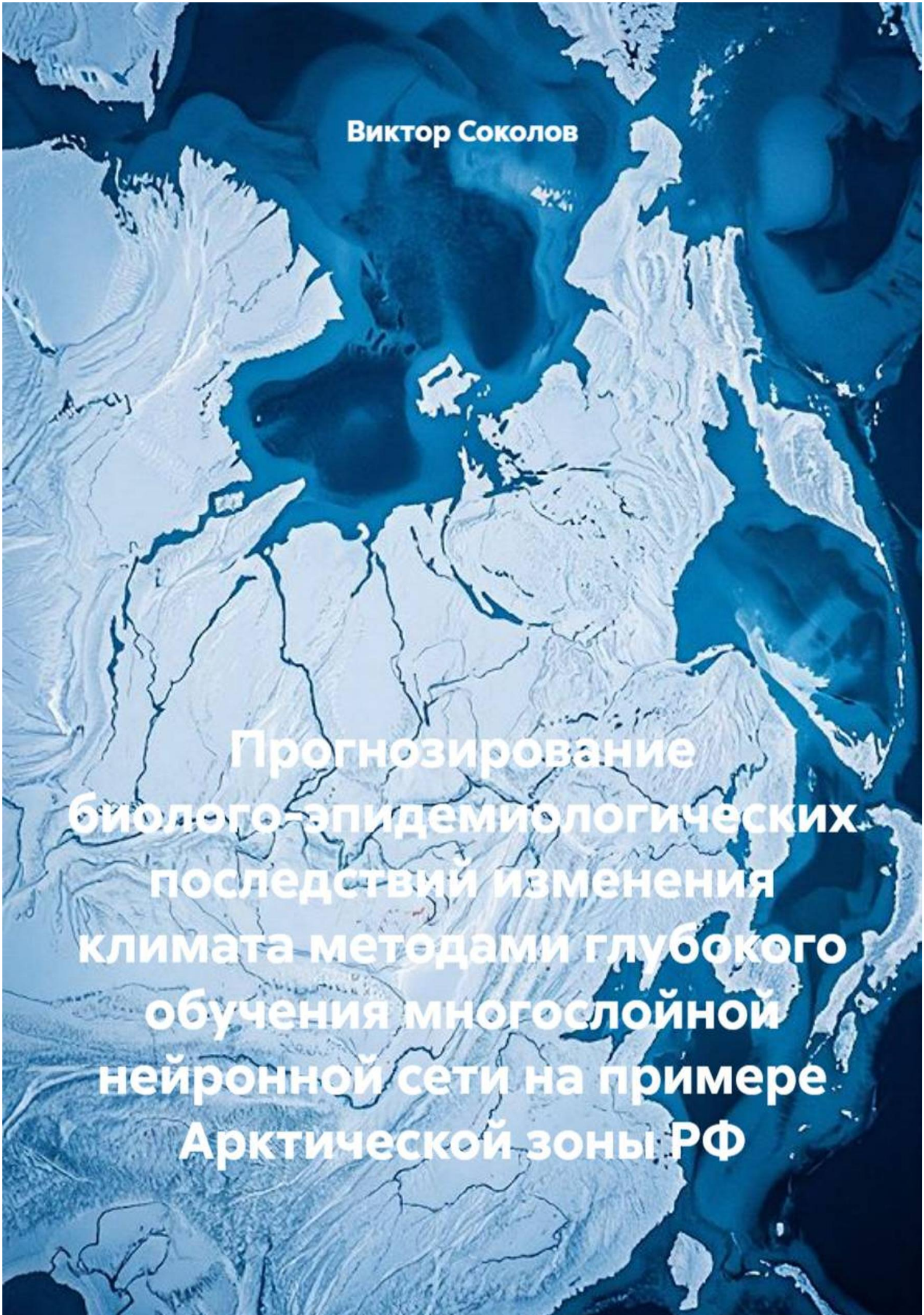

Виктор Соколов

Прогнозирование биолого-эпидемиологических последствий изменения климата методами глубокого обучения многослойной нейронной сети на примере Арктической зоны РФ

Виктор Соколов

Прогнозирование биолого-эпидемиологических последствий изменения климата методами глубокого обучения многослойной нейронной сети на примере Арктической зоны РФ

«Автор»
2026

Соколов В. С.

Прогнозирование биолого-эпидемиологических последствий изменения климата методами глубокого обучения многослойной нейронной сети на примере Арктической зоны РФ /
В. С. Соколов — «Автор», 2026

В 2020-2030-е годы XXI века растёт интерес к освоению Арктической зоны России, включающей северные территории Евразии и Северный Морской Путь (СМП). Изменение климата Земли, в том числе, рост средней температуры в Арктической зоне России, приводят к неизбежному изменению биологической и эпидемиологической обстановки на севере России. Таяние вечной мерзлоты в Арктической зоне России с большой долей вероятности может привести к высвобождению замороженных тысячи лет реликтовых природных очаговых источников биологической и эпидемиологической опасности. Поэтому актуальным становится разработка прогностических моделей вероятных последствий изменения климата в Арктической зоне России. Учитывая огромный объём научных и климатических данных, такие прогностические модели являются трудно формализуемыми неструктурированными задачами, которые довольно эффективно решаются на базе применения математического аппарата глубокого обучения многослойных нейронных сетей и нейрокомпьютеров.

© Соколов В. С., 2026
© Автор, 2026

Содержание

Глава 1 Введение 5
Глава 2 9
Арктическая зона Российской Федерации как объект биологических и эпидемиологических 9
Конец ознакомительного фрагмента. 10

Виктор Соколов
Прогнозирование биолого-эпидемиологических последствий изменения климата методами глубокого обучения многослойной нейронной сети на примере Арктической зоны РФ

Глава 1 Введение

1. Введение — актуальность прогнозирования вероятных последствий изменения климата в Арктической зоне России

В 2020-2030-е годы XXI века растёт интерес к освоению Арктической зоны России, включающей северные территории Евразии и Северный Морской Путь (СМП). Изменение климата Земли, в том числе, рост средней температуры в Арктической зоне России, приводят к неизбежному изменению биологической и эпидемиологической обстановки на севере России. Таяние вечной мерзлоты в Арктической зоне России с большой долей вероятности может привести к высвобождению замороженных тысячи лет реликтовых природных очаговых источников биологической и эпидемиологической опасности. Поэтому актуальным становится разработка прогностических моделей вероятных последствий изменения климата в Арктической зоне России. Учитывая огромный объём географических, геологических, биологических, эпидемиологических и других подобных научных и климатических данных, такие прогностические модели являются трудно формализуемыми неструктурированными задачами, которые довольно эффективно решаются на базе применения математического аппарата глубокого обучения многослойных нейронных сетей и нейрокомпьютеров.

Во второй половине 20-х годов XXI века *искусственный интеллект* (ИИ) стремительно ворвался, как кажется, во все сферы повседневной жизни, от пионеров, то есть, школьников, которые делают с помощью ИИ домашние задания, до пенсионеров, которым предлагают с помощью ИИ обеспечить себе добавку к пенсии. На первый взгляд, ИИ — суперсовременное научно-техническое направление в индустрии *информационных технологий* (ИТ), однако у ИИ уже имеется длительная история научного развития математических моделей и методов обучения и самообучения *многослойных нейронных сетей* (МНС), а также развития технических средств и технологий для аппаратной реализации МНС, которую полезно знать для овладения методами и возможностями ИИ, хотя бы для расширения кругозора и понимания возможных направлений развития этой отрасли ИТ.

В части цифровой технологии аппаратной реализации МНС вслед за сигнальными процессорами развивались аппаратные реализации МНС на основе нейрочипов — заказных каскадируемых СБИС, которые внутри себя содержали фрагмент МНС в виде 64-х битного вектор-матричного перемножителя, блока аппаратной реализации функции нелинейного преобразования, а также (не всегда) специального ОЗУ SRAM для хранения значений весовых коэффициентов МНС. Для управления таким фрагментом МНС в нейрочипе содержался 32-х разрядное RISC ядро типа синтезабельного ядра ARM. Такую вычислительную архитектуру имеют российские нейрочипы NeuroMatrix NM6403 (Л1879ВМ1), NeuroMatrix NM6404 (1879ВМ2Т) и последующие версии этих нейрочипов до NeuroMatrix NM6408 (К1879ВМ8Я).

Эти нейрочипы разработаны как каскадируемые СБИС и могут объединятся в матрицы для аппаратной реализации больших МНС.

Кроме серии нейропроцессоров NeuroMatrix (НТЦ «Модуль») разрабатываются и производятся и другие отечественные и иностранные СБИС с нейроморфной архитектурой, которая аппаратно поддерживает МНС. Например, многоядерные Эльбрус-8С (1891ВМ10Я), Эльбрус-8СВ (1891ВМ12Я), Эльбрус-12С (К1891ВМ058), Эльбрус-16С (1891ВМ038) (АО «МЦСТ»), нейроморфный процессор Алтай (AltAI, АО «Мотив НТ», АО «Лаборатория Касперского»).

Альтернативная технология аппаратной реализации МНС на СБИС состоит в использовании *программируемых логических интегральных схем* (ПЛИС) типа Xilinx, Altera. В ПЛИС (FPGA) при подаче электропитания можно загрузить из прошивки энергонезависимой ППЗУ ROM программно реализованную архитектуру МНС для решения прикладных задач. Такая программная архитектура МНС описывается на специальных языках для проектирования схемотехники и топологии СБИС – VHDL, Verilog, SystemC.

Большим рывком в развитии массивно параллельных вычислений стала разработка графических процессоров фирмы NVIDIA, которые содержат на одном кристалле сотни и тысячи параллельно работающих элементарных процессоров (процессорных ядер), предназначенных для выполнения арифметических операций с вещественными числами. В каждом таком элементарном АЛУ программно можно запустить несколько вычислительных нитей, как они называют вычислительные потоки. Не погружаясь глубоко в системное программирование отметим, что вычислительный поток (нить) использует общую виртуальную память родительского процесса. А вычислительный процесс имеет собственную виртуальную память, которая не совпадает с виртуальной памятью других процессов. Разумеется, графические процессоры фирмы NVIDIA, изначально предназначенные для аппаратной поддержки функций библиотеки OpenGL для реализации динамичной 3D графики в компьютерных играх и разнообразных тренажерах, сразу стали использовать для не связанных прямо с 3D графикой OpenGL массивно параллельных вычислений, необходимых в машиностроительных САПР для решения уравнений математической физики — дифференциальных уравнений в частных производных. Такие уравнения решаются итерационными методами с помощью разностных схем, которые обычно хорошо распараллеливаются и могут быть почти идеально переложены на аппаратную многоядерную архитектуру графических процессоров NVIDIA с помощью функций обеспечения массивно параллельных вычислений библиотеки CUDA (Compute Unified Device Architecture), CUDNN (CUDA Development of Neural Network — CUDA библиотека нейронных сетей). Разумеется, платы с графическими процессорами NVIDIA можно каскадировать, то есть, объединять в большие параллельно работающие батареи и, например, создавать фермы для майнинга криптовалюты. А где аппаратная поддержка массивно параллельных вычислений, там возникают МНС и ИИ.

Вот мы и добрались до современного состояния и развития МНС и ИИ на их основе. Созданы массовые доступные широким народным массам (ширнармассам земшара) суперкомпьютеры с поддержкой массивного параллелизма на основе батарей каскадируемых графических процессоров NVIDIA или появившихся аналогичных графических процессоров. Доступ к вычислениям на таких суперкомпьютерах обеспечивает быстрый интернет. Программно МНС на таких доступных через интернет суперкомпьютерах или облачных вычислениях реализуются с помощью современных пакетов TensorFlow, Keras (который сам часть TensorFlow), PyTorch, DeepSeek, ChatGPT OpenAI.

Эти пакеты опираются аппаратно на массивно параллельные регулярные вычислительные среды, созданные в суперкомпьютерах, и могут реализовать эмуляцию МНС с десятками и тысячами слоёв. Обучение таких огромных МНС с недавних пор стали называть глубоким обучением. Заметим, что для реализуемых при глубоком обучении МНС свёрточных МНС

и рекуррентных МНС большую роль сыграли исследования нейрофизиологии строения зрительного тракта «глаз—мозг—зрение» хищников (кошек) и особенностей обработки информации в таком тракте, выполненные доктором нейрофизиологии Давидом Хьюбелом (David H. Hubel), самоорганизующиеся карты Тойве Кохонена (Teuvo Kohonen), а также когнитрон и неокогнитрон Кунихико Фокушимы (Kunihiko Fukushima).

Для глубокого обучения МНС, обучения рекуррентных МНС, свёрточных МНС разработаны библиотеки функций на C/C++ для современных отечественных нейрочипов НТЦ «Модуль» NeuroMatrix NM6408 (К1879ВМ8Я) и вычислительных систем на их основе, в том числе, встраиваемых систем управления, распознавания образов и ИИ.

В этой монографии мы рассмотрим современный массив биологических, эпидемиологических, климатических данных Арктической зоны России.

На последок заметим, что эта монография, может быть использована в как теоретический учебник ориентированный на студентов российских колледжей и ВУЗов, которые в подавляющем своём большинстве пойдут работать на российские предприятия и будут работать в том числе, а по правде говоря, и в основном по Гособоронзаказу РФ либо прямо, либо через кооперацию с предприятиями ВПК РФ. Это данность текущего момента и перспективы на ближайшие 50 лет. Поэтому значительное внимание надо обратить на работу с отечественной *элементно-компонентной базой* (ЭКБ) и отечественным *программным обеспечением* (ПО). Эта продукция ничуть не хуже зарубежной и гарантированна от наличия закладок и прочего вредоносного ПО, как обещает нам ФСТЭК РФ, МО РФ, ФСБ РФ.

Допустим, что вам, как будущему выпускнику, молодому специалисту поручили участвовать в разработке системы автономного управления БПЛА, СМКА, НПЛ, АРТК, НРТК (наземного самоходного транспортного робота — автономного или необитаемого робототехнического комплекса) для автономного исследования флоры и фауны Арктической зоны России, которые должны быть способны ориентироваться в пространстве, находить необходимые объекты для решения тех или иных задач. Можно ли для такого рода отечественной техники использовать низкоорбитальную спутниковую систему глобальной связи Starlink, суперкомпьютеры на NVIDIA GPU (CUDA, CUDNN, CUBLAS), спутниковую систему глобального позиционирования GPS, американские алгоритмы сквозного шифрования типа старых добрых DES и RSA, операционную систему Microsoft Windows XP/…/10/11, RedHat, CentOS, Debian Ubuntu, компилятор MSVC 2019–2022, GNU GCC от RedHat или от Ubuntu, функции библиотек CUDA, CUDNN, CUBLAS для NVIDIA GPU, иностранные нейропакеты для глубокого обучения МНС и реализации коммерческого ИИ типа TensorFlow, Keras, PyTorch, ChatGPT OpenAI, DeepSeek и прочие аналогичные? Технически можно. Цепочку передачи и обработки информации от БПЛА, СМКА, НПЛ, АРТК до мощного стационарного суперкомпьютера с GPU через Starlink, DES, RSA, GPS и обратно здесь представлена. Но такая линия связи и обработки информации будет абсолютна прозрачна для геополитического и экономического конкурента (неприятеля) и будет работать только с его разрешения и под его деятельным контролем. То есть, лучше бы вообще не работала. Не только сможет выключить всё в любой момент, но и собранную нашими БПЛА, СМКА, НПЛ, АРТК научную и коммерческую информацию ещё будет воровать.

Что же делать? Куда податься? Только вести разработки для работы в Арктической зоне России на базе отечественного ПО и ЭКБ. Поэтому представленная выше линия защищённой связи и обработки информации должна выглядеть так: инерциальная система управления на основе процессоров «Эльбрус», «Элвис», нейропроцессоров NeuroMatrix, нейроморфные процессоры «Алтай», алгоритмы сквозного шифрования ГОСТ 28147–89 (Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования), ГОСТ Р 34.10–2012, ГОСТ Р 34.11–2012, ГОСТ Р 34.12–2015, ГОСТ Р 34.13–2015 (Криптографическая защита информации. Функция хеширования. Блочные шифры),

аппаратно реализованные на специальных отечественных криптографических СБИС, опора на российские высокоорбитальные ИСЗ глобального позиционирования ГЛОНАСС, российская система глобальной космической связи «Гонец», *защищённая операционная система реального времени* (ЗОСРВ) «Нейтрино-Э», ОС Astra Linux Special Edition 1.8 (Орёл, Воронеж, Смоленск), ЗОСРВ Astra Linux Embedded 1.8, отечественный нейропакеты для глубокого обучения МНС и ИИ на базе отечественных нейрочипов NeuroMatrix и AltAI («Алтай»), имеющие лицензии ФСТЭК РФ, МО РФ, ФСБ РФ. Иначе путь в программы Гособоронзаказа РФ с ВП МО РФ закрыт. А других программ развития высоких технологий и сейчас уже давно нет.

Анализ современного положения дел в области МНС и ИИ показывает наличие в настоящее время по крайней метре, трёх основных игроков — производителей ЭКБ для массивно параллельной программно-аппаратной реализации супернейрокомпьютеров для ИИ.

1. Функциональный ряд многоядерных графических процессоров фирмы NVIDIA – GPU, аппаратно реализующих массивно параллельную обработку вычислительных потоков команд и данных (MIMD), библиотеки функций CUDA, CUDNN, CUBLAS (США).

2. Современные отечественные каскадируемые многоядерные нейрочипы НТЦ «Модуль» NeuroMatrix NM6408 (К1879ВМ8Я), нейроморфные многоядерные каскадируемые процессоры AltAI («Алтай», АО «Лаборатория Касперского», АО «Мотив НТ»), СБИС многоядерных центральных процессоров «Эльбрус» — нейрокомпьютеры на основе 64-х разрядных СБИС Эльбрус-8С (1891ВМ10Я), Эльбрус-8СВ (1891ВМ12Я), Эльбрус-12С (К1891ВМ058), Эльбрус-16С (1891ВМ038), (АО «МЦСТ»), многоядерные RISC процессоры на основе синтезабельного ядра ARM (АО «Элвис») (РФ).

3. Функциональный ряд нейропроцессоров Huawei Ascend 910 для обучения ИИ на основе МНС (КНР).

Обратите внимание: российские и китайские СБИС нейрочипов аппаратно, на уровне внутренней архитектуры и топологии СБИС, реализуют фрагменты МНС — 64-х разрядные вектор-матричные перемножители, аппаратную реализацию пороговой функции нелинейного преобразования, внутренняя внутри СБИС память для весовых коэффициентов слоёв МНС, входных, выходных, внутренних, обучающих сигналов.

В то же время, американские графические процессоры NVIDIA GPU аппаратно обеспечивают только массивный параллелизм, а поддержка собственно МНС для ИИ выполняется на уровне библиотек функций CUDA, CUDNN, CUBLAS.

Глава 2

Арктическая зона Российской Федерации как объект биологических и эпидемиологических исследований

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) — это уникальный и сложный объект для биологических и эпидемиологических исследований. Ее специфика заключается в сочетании экстремальных климатических условий, обширных пространств с вечной мерзлотой. Жизнь местного населения тесно связана с традиционной хозяйственной деятельностью (оленеводство, охота, рыболовство). Ежегодно развивающееся промышленное освоение в совокупности с природными и историческими факторами создает целый комплекс специфических задач для ученых.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.