

УДК 621.384

С.А. Олизаренко, О.Ю. Лавров, В.А. Капранов

*Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ

*Предложена методика формирования аппаратной и программной платформы для моделирования глубокого обучения в интересах разработки систем автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков, полученных в процессе выполнения воздушной разведки.*

**Ключевые слова:** платформа, моделирование, глубокое обучение, дешифрирование, глубокая нейронная сеть, графический процессор.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время обработка изображений, полученных в процессе выполнения воздушной разведки, является важнейшей составляющей процесса обработки разведывательной информации.

Основным этапом обработки изображений, полученных по результатам воздушной разведки, является этап дешифрирования аэрофотоснимков. Под дешифрированием понимается процесс получения информации об объектах по их изображениям на снимках. При этом дешифрирование включает процессы выявления, распознавания и интерпретации.

В последние несколько лет одним из наиболее эффективных подходов к выявлению и распознаванию объектов является подход, основанный на использовании методов глубокого обучения.

Глубокое обучение (Deep Learning) - это направление в области искусственного интеллекта и машинного обучения, основанное на поиске таких моделей и алгоритмов, благодаря которым вычислительные системы смогут учиться на собственном опыте, формируя в процессе обучения многоуровневые, иерархические представления об окружающем мире, в которых понятия более высокого уровня определяются на основе понятий более низкого уровня. На данный момент основными «глубокими» моделями являются глубокие нейронные сети (Deep Neural Networks (DNN)) [1]. Другими словами, глубокое обучение – это набор алгоритмов машинного обучения, которые моделируют высокоуровневые абстракции в данных, используя архитектуры, состоящие из множества нелинейных трансформаций [2].

В данной работе предложена методика формирования аппаратной и программной платформы

для моделирования глубокого обучения в интересах разработки систем автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков, полученных по результатам ведения воздушной разведки.

**Анализ публикаций.** В настоящее время существует достаточное количество публикаций, описывающих различные подходы для моделирования и реализации глубокого обучения.

Например, в [3] можно найти общее сравнение функциональных возможностей наиболее известных программных средств для решения задач глубокого обучения.

В [4] рассмотрены средства, обеспечивающие возможности для создания полностью связанных нейросетей (fully connected neural network, FC NN), в [5] – сверточных нейронных сетей (convolutional neural network, CNN), в [6] – автоэнкодеров (autoencoder, AE) и ограниченных машин Больцмана (restricted Boltzmann machine, RBM).

Однако вопросы взаимосвязи соответствующих подходов в рамках единой платформы для решения задач моделирования процессов выявления и распознавания объектов в ходе дешифрирования аэрофотоснимков в данных публикациях не рассматриваются.

**Цель статьи:** разработка методики формирования аппаратной и программной платформы для моделирования глубокого обучения в интересах разработки систем автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков.

### Основная часть

Для обеспечения полного контроля над глубокой нейронной сетью и достижения преимуществ за счёт использования глубокого обучения при моделировании процессов дешифрирования аэрофотоснимков предлагается использовать единую аппаратную и программную платформу в виде набора

типовых платформ и уникальных архитектурных слоёв, соответствующих исследуемой предметной области.

Методика разработки единой аппаратной и программной платформы включает выполнение следующих основных операций и действий:

1. Выбор аппаратного ускорителя вычислений. В качестве таких ускорителей на данный момент, как правило, используются [7]:

- программируемые логические интегральные схемы (FPGA). На данный момент используются в рамках крупных корпораций, как, например, в датацентрах Microsoft;

- графические процессоры (GPU), поддерживающие стандарт OpenCL. Все GPU поддерживают этот фреймворк, но в глубоком обучении он на данный момент широкого использования не получил;

- графические процессоры (GPU), поддерживающие технологию CUDA – основной вариант для реализации современных глубоких нейронных сетей;

- многоядерные центральные процессоры CPU ("суперкомпьютерные архитектуры", архитектуры мейнфреймов и т.д.). В глубоком обучении в настоящее время используются крайне редко.

2. Выбор библиотеки нейросетевых примитивов для аппаратных средств, например:

- библиотека cuDNN, построенная над CUDA с аппаратными средствами NVIDIA. Для cuDNN в настоящее время доступен релиз-кандидат четвертой версии интерактивной системы глубокого обучения Digits 4.0, обеспечивающий моделирование обнаружения и классификации объектов на цифровых снимках;

- есть реализации для OpenCL, но массово на сегодня они не используются.

3. Выбор способа реализации хост-языка про-

граммирования. Современные реализации языков программирования архитектуры глубоких нейронных сетей (фреймворки или библиотеки глубокого обучения) создаются как embedded DSL, без синтаксиса, в рамках какого-либо хост-языка программирования общего назначения. Для того, чтобы задать (разработать программную реализацию) архитектуры глубокой нейронной сети (описать число её слоёв, типы используемых ячеек, связи между слоями и т.д.), потребуется как embedded DSL, так и хост-язык общего назначения. На сегодня (кроме традиционного использования библиотек на C/C++ и множества других реализаций библиотек глубокого обучения) есть два основных таких расширяемых хост-языка: Python и Lua. К хост-языку можно отнести и библиотеки научных вычислений: работа с матрицами, построение графиков, символьные вычисления, использование для этих операций GPU. Например, для Python как хост-языка это NumPy, Theano и ряд других библиотек, для Lua это Torch.

4. Выбор собственно библиотеки или фреймворка глубокого обучения. В [7] предложена процедура сравнительного анализа фреймворков на основе следующих критериев:

1) скорость обучения – отражает время обучения нейросетевых моделей, рассмотренных на этапе проведения экспериментов;

2) скорость классификации – отражает время классификации одного изображения;

3) точности классификации – критерий, который позволяет оценить среднее значение и дисперсию показателей точности классификации (табл. 1, полученная на примере задачи классификации рукописных цифр);

4) удобство использования – критерий, который позволяет оценить время, затраченное на изучение библиотеки;

Таблица 1

Среднее значение и дисперсия показателей точности классификации (по 5 экспериментам)

	Caffe		Pylearn2		Theano		Torch	
	Точность, %	Дисперсия	Точность, %	Дисперсия	Точность, %	Дисперсия	Точность, %	Дисперсия
MLP	98.26	0.0039	98.1	0	97.42	0.0023	98.19	0
CNN	99.1	0.0038	99.3	0	99.16	0.0132	99.4	0

5) гибкость настройки связей между слоями, установки параметров методов, а также наличие различных способов обработки данных;

6) объем функционала – наличие реализации типовых моделей глубоких нейронных сетей;

7) наличие и удобство использования документации и обучающих материалов.

5. Выбор собственно модели глубокой нейронной сети (полносвязанной нейросети, сверточной нейронной сети, автоэнкодера, ограниченной машины Больцмана и т.д.), реализованной в рамках фреймворка глубокого обучения, выбранного на предыдущем этапе.

## Выводы

Предложенная методика формирования аппаратной и программной платформы для моделирования глубокого обучения в интересах разработки систем автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков:

учитывает последние достижения в области обработки цифровых снимков,

обеспечивает поэтапное формирование аппаратной и программной платформы для моделирования глубокого обучения;

является основой для последующей разработки с использованием высокоуровневых языков программирования, например C++, пользовательского программного приложения, реализующего непосредственно механизм функционирования глубокого обучения в ходе автоматизированного дешифрирования.

## Список литературы

1. Deep learning in neural networks: An overview / J.Schmidhuber // *Neural Networks*. – 2015. – Т. 61. – С. 85-117.

2. Глубинное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубинное\\_обучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубинное_обучение).

3. Сравнение библиотек глубокого обучения на примере задачи классификации рукописных цифр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/itseez/blog/254747/#Paper1>.

4. Hinton G.E. Learning multiple layers of representation / G.E. Hinton // *Trends in cognitive sciences*. – 2007. – Т. 11, №. 10. – С. 428-434.

5. LeCun Y. Convolutional networks and applications in vision / Y. LeCun, K. Kavukcuoglu, C. Farabet // *ISCAS*. – 2010. – С. 253-256.

6. Hayat M. Learning non-linear reconstruction models for image set classification / M. Hayat, M. Bennamoun // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – С. 1907-1914.

7. Платформизация глубокого обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ailev.livejournal.com/1207520.html>.

Надійшла до редколегії 2.06.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.А. Павленко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

## МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ В ІНТЕРЕСАХ РОЗРОБКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ

С.А. Олізаренко, О.Ю. Лавров, В.О. Капранов

*Запропоновано методику формування апаратної і програмної платформи для моделювання глибокого навчання в інтересах розробки систем автоматизованого дешифрування аерофотознімків, отриманих в процесі виконання повітряної розвідки.*

**Ключові слова:** платформа, моделювання, глибоке навчання, дешифрування, глибока нейронна мережа, графічний процесор.

## METHODS OF FORMING PLATFORM FOR MODELING OF DEEP LEARNING FOR DEVELOPING SYSTEMS OF AUTOMATING RECONNAISSANCE AERIAL OBJECT

S.A. Olizarenko, O.Yu. Lavrov, V.O. Kapranov

*The methods of formation the hardware and software platform for modeling of deep learning for developing systems of automating reconnaissance of object on aerial photographs produced in progress of air reconnaissance are offered.*

**Keywords:** platform, modeling, deep learning, reconnaissance, deep neural network, the graphics processor.