

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
Институт информационных технологий, математики и механики  
Кафедра Математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий

**Образовательный курс  
«Введение в глубокое обучение  
с использованием Intel® neon™ Framework»**

**Лекция №7  
Рекуррентные нейронные сети**

*При поддержке компании Intel*

*Кустикова В.Д.*

Нижний Новгород  
2018

## Содержание

1	Аннотация .....	3
2	Литература .....	3
2.1	Основная литература .....	3
2.2	Дополнительная литература.....	3
2.3	Ресурсы сети Интернет .....	4

# 1 Аннотация

Цель настоящей лекции состоит в том, чтобы изучить сети с обратной связью между различными слоями нейронов – *рекуррентные нейронные сети* [2]. Изначально рекуррентные сети созданы для обработки последовательностей однотипных данных, т.е. порядок предоставления объектов на вход сети имеет важное значение. Типовыми примерами задач, в которых данный признак явно прослеживается, являются задачи распознавания речи (обработка последовательности звуков, обработка текстов естественного языка). Тем не менее, выделяется ряд задач компьютерного зрения, которые также успешно решаются с использованием рекуррентных сетей (сопровождение объектов на видео).

Рекуррентная сеть аппроксимирует поведение любой динамической системы. Введение рекуррентных сетей требует обобщения понятия *графа вычислений*. Граф вычислений рекуррентных нейронных сетей может содержать *циклы*, которые отражают зависимости значения переменной в следующий момент времени от ее текущего значения. Вначале описывается идея *развертывания* рекуррентных сетей в граф вычислений, имеющий повторяющуюся структуру, которая обычно отражает цепочку событий [3]. В качестве классических примеров рекуррентных сетей приводятся сети Элмана и Джордана. Рассматривается процедура обучения рекуррентных сетей на примере сети Элмана. Вводится общая схема *метода обратного распространения ошибки с разворачиванием сети во времени* (backpropagation through time) [3] для обучения параметров сети. Приводятся возможные пути построения глубоких рекуррентных сетей [3, 4]: обычная рекуррентная сеть (a conventional RNN), рекуррентная сеть с глубоким преобразованием входного сигнала в скрытый (Deep Transition RNN, DT-RNN), рекуррентная сеть с глубоким преобразованием скрытого сигнала в выходной (Deep Output RNN, DO-RNN).

При наличии достаточно длинных входных последовательностей в процессе обучения сеть «забывает» информацию об удаленных объектах. В некоторых случаях возникает необходимость, чтобы сеть «запоминала» информацию об объектах, находящихся в начале последовательности. В связи с этим вводятся *сети долгой кратковременной памяти* (long short-term memory, LSTM) [5 – 7]. Описывается общая схема построения ячейки с долгой кратковременной памятью, приводится классическая структура LSTM-ячейки [7]. Практическое применение рекуррентных сетей демонстрируется на примере задачи классификации пола человека по фотографии средствами инструмента Intel® neon™ Framework. Разрабатываемая рекуррентная сеть состоит из набора сверточных слоев и двух рекуррентных блоков, построенных согласно методу, который предложен в работе [8].

## 2 Литература

### 2.1 Основная литература

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2006. – 1104 с.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика. – 2002. – 344 с.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press. – 2016. – [<http://www.deeplearningbook.org>].

### 2.2 Дополнительная литература

4. Pascanu R., Gulcehre C., Cho K., Bengio Y. How to Construct Deep Recurrent Neural Networks [<https://arxiv.org/pdf/1312.6026.pdf>].
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – P.1735-1780. – [<http://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf>].
6. Greff K., Srivastava R.K., Koutnik J., Steunebrink B.R., Schmidhuber J. LSTM: A Search Space Odyssey // Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2017. – [<https://arxiv.org/pdf/1503.04069.pdf>].

### **2.3 Ресурсы сети Интернет**

7. Understanding LSTM Networks [<http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs>].
8. Visin F., Ciccone M., Romero A., Kastner K., Cho K., Bengio Y., Matteucci M., Courville A. ReSeg: A Recurrent Neural Network-based Model for Semantic Segmentation // In CVPR Deep Vision Workshop, 2016. – 2016. – [<https://arxiv.org/abs/1511.07053>].