

Войтович Е.А., Карельская К.А., Михальцов Н.Г. Операция свертки в нейронных сетях. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIX Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2019. – С. 057-060.

УДК 004.8

## ОПЕРАЦИЯ СВЕРТКИ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ

Е.А. Войтович, К.А. Карельская, Н.Г. Михальцов

## CONVOLUTION OPERATIONS IN NEURAL NETWORKS

E.A. Vojtowicz, K.A. Karelskaya, N.G. Mikhaltsov

**Аннотация.** В тезисах статьи рассматриваются нейронные сети и операция свертки.

**Ключевые слова:** нейронные сети, свертка, сверточные нейронные сети.

**Abstract.** The thesis of the article discusses the neural networks and convolution operations.

**Keywords:** neural networks, convolution, convolution neural networks.

Сверточные сети являются удачной серединой между биологически правдоподобными сетями и обычным многослойным персептроном. На сегодняшний день лучшие результаты в распознавании изображений получают с их помощью. В этой статье рассмотрим одну из главных особенностей сверточных нейронных сетей – операцию свертки.

Сверточные нейронные сети были предложены в 1988 году Яном Лекунном и нацелены на эффективное распознавание образов, а также входящих в состав технологий глубокого обучения. Такие сети являются сложными вычислительными системами, которые не требуют задания признаков для распознавания классов данных, они сами создают их для себя в силу своей архитектуры. Они позволили решать задачи машинного зрения: классификация изображений и объектов на изображении, детектирование объектов, распознавание объектов и людей, улучшение изображений. Свое название такая архитектура сети получила из-за операции свертки, находящейся в одноименном блоке сети.

Назначение сверточного блока сети состоит в уменьшении размерности распознаваемых образов до таких значений, которые являются приемлемыми для последующего обучения третьего слоя сети (персептрона).

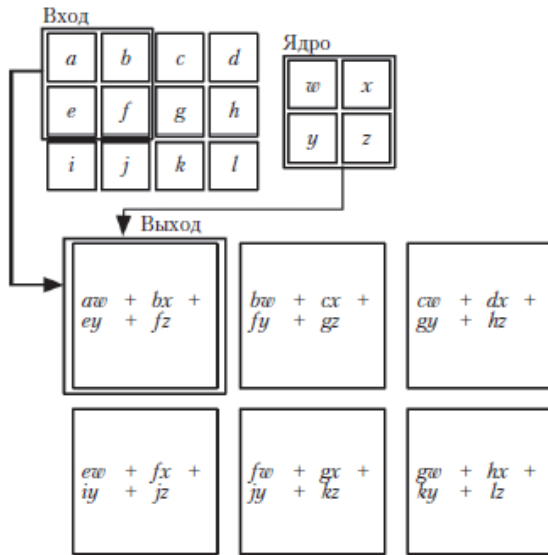
Сверточные сети являются идейным и логическим развитием таких нейронных сетей, как когнитрон и неокогнитрон. Неокогнитрон (и его предшественник когнитрон) представляет собой иерархическую многослойную искусственную нейронную сеть сверточного типа, способную к робастному распознаванию образов, обычно проходящую “обучение без учителя”. Такие сети состояли из каскадного соединения нейронов S-типа (простого от simple) и C-типа (сложного от complex).

Свёртка является математической операцией, применяемой к двум функциям I и K, порождающей третью функцию, которая иногда может рассматриваться как модифицированная версия одной из первоначальных. По

существо, это особый вид интегрального преобразования. Она вычисляется по следующей формуле:

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i + m, j + n)K(m, n).$$

Также следует упомянуть о том, что существует такая модель, как перекрестная корреляция, которая представляет ту же свертку, только без отражения ядра (фильтра). Именно она используется во многих библиотеках машинного обучения, только представляется там как свертка. В такой модели сети выход ограничен только теми позициями, в которых ядро целиком укладывается в изображение. Ее также называют “допустимой” сверткой (рисунок).



*Операция двумерной допустимой свертки*

Ядро является фильтром или окном, которое сканирует области предыдущей карты и выявляет определенные признаки объектов. Количество ядер напрямую зависит от необходимого числа признаков.

Каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (фильтр) свёртки поэлементно, и результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Основное свойство таких фильтров в том, что чем больше будут значения их выхода, тем больше будет схожесть изображения и фильтра. Результатом свёртки будет карта признаков, каждый пиксель которой будет означать степень похожести фрагмента изображения на фильтр.

В зависимости от метода обработки краев исходной матрицы результат может быть либо такого же размера, либо меньше исходного изображения, либо большего размера.

Размер слоя свертки определяется по следующим параметрам:

Глубина (depth) – определяет количество фильтров, задействованных в одном слое.

Шаг (stride) – определяет, насколько сместится ядро на каждом шаге вычисления следующего пикселя результирующего изображения. Обычно величина шага равна 1 при свертке и 2 при подвыборке. Следует учесть, что чем меньше будет его значение, тем больше будет размер изображения.

Отступом (padding) называют дополнительный параметр для полного охвата данных при свертке или подвыборке. Он создает дополнительный (фиктивный) столбец или строку в карте (матрице) данных, которая состоит из массива 0. Используется при нечетном числе столбцов очередной сверточной матрицы.

Между последовательностями слоев свертки обычной практикой является вставка слоя подвыборки. Она уменьшает пространственные габариты изображения с целью снижения числа выходных параметров сверточного слоя. Подвыборка работает независимо от глубины входных данных, используя усреднённое или максимальное объединение, при котором берется максимальное и среднее значение признаков. Размер фильтра подвыборки варьируется, но чаще всего используется 2x2 с шагом 2. Такие слои снижают дискретизацию каждого входа в 2 раза в двух его измерениях – как в высоту, так и в ширину.

На последнем слое свертки матрица весов предпоследнего слоя преобразуется в строчный формат и образует множество входов полносвязной сети прямого распространения.

Таким образом, можно сказать, что операция свертки представляет собой процесс применения фильтра к изображению для выявления признаков объекта. Она позволит проанализировать по признакам огромное количество данных за счет уменьшения объёмов изображений, поэтому эти сети так востребованы при работе с Big Data.

Такие нейронные сети уже работают и перестают быть чем-то новым. Они позволяют зарабатывать, изменяют рынок и окружающий мир. К примеру, с помощью таких сетей интернет-ресурс по работе с изображениями Pinterest может охватывать данные из 50 миллионов пинов, а Amazon – информацию о более чем миллионах продуктов, покупаемых ежедневно.

#### Библиографический список

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: Лань, 2018. 653 с.
2. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение: погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018.

**Войтович Егор Андреевич**

Тверской государственный  
технический университет,  
г. Тверь, Россия

**Карельская Катерина Александровна**

Тверской государственный  
технический университет,  
г. Тверь, Россия

**Михальцов Николай Григорьевич**

Тверской государственный  
технический университет,  
г. Тверь, Россия

**Vojtowicz E.A.**

Tver State Technical Univer-  
sity,  
Tver, Russia

**Karelskaya K.A.**

Tver State Technical Univer-  
sity,  
Tver, Russia

**Mikhaltsov N.G.**

Tver State Technical Univer-  
sity,  
Tver, Russia