

Домашнее задание: «Арифметика свёрточной сети»

Студент № 24 → Вариант 4. Правило: $r = (\text{номер} \bmod 5)$, если $r = 0$ — Вариант 5.

Уникальный вариант. Вы можете сгенерировать себе уникальный вариант задания. Для этого:

1. Откройте tex-файл и найдите строку с "{studentnumber}{24}".
2. Замените число на свой номер студента в группе по ведомости.
3. Сохраните файл и соберите PDF. В серой рамке сверху появится «Студент № "ваш номер" → Вариант "ваш вариант"» - это и есть ваш вариант.
4. Ничего больше в преамбуле не меняйте: архитектура, таблицы и все задания автоматически подстраиваются под ваш номер.

Мотивация. В свёрточных сетях важно уметь «вручную» оценивать размеры тензоров, число параметров и вычислительную стоимость. Это помогает проектировать архитектуры, сравнивать модели и понимать, где узкие места. В этом задании вы всё считаете на бумаге — без кода.

Что нужно сделать.

1. **Размеры:** вычислите $H \times W \times C$ после каждого слоя вашей сети.
2. **Параметры:** посчитайте число параметров (с bias) каждого свёрточного слоя и сумму по сети.
3. **Вычислительная стоимость:** оцените MACs для каждого свёрточного слоя и общую сумму (считаем только свёртки; ReLU и Max Pooling игнорируем).
4. **Короткий ответ (2–4 предложения):** почему свёртка эквивариантна сдвигу, а связка *Global Average Pooling + Softmax* повышает инвариантность к сдвигам?

Ваш вариант (зависит от номера студента).

Вариант 4 (вход $24 \times 24 \times 3$):

- Conv1: 3×3 , $s = 1$, $p = 1$, $C_{\text{out}} = 12$
- Conv2: 3×3 , $s = 2$, $p = 1$, $C_{\text{out}} = 24$ (*даунсемплинг*)
- Max Pooling: 2×2 , $s = 2$
- Conv3: 1×1 , $s = 1$, $p = 0$, $C_{\text{out}} = 10$
- Global Average Pooling → Softmax

Что сдаём. Таблица размеров; таблица параметров; таблица MACs; короткий текст про экви-/инвариантность.

Домашнее задание: «Арифметика свёрточной сети»

Справка

Размеры выхода (Conv/Pooling).

$$H_{\text{out}} = \left\lfloor \frac{H + 2p - k}{s} \right\rfloor + 1, \quad W_{\text{out}} = \left\lfloor \frac{W + 2p - k}{s} \right\rfloor + 1.$$

Параметры Conv2D (с bias). $\# \text{params} = (k_H k_W C_{\text{in}}) C_{\text{out}} + C_{\text{out}}$.

MAC и связь с FLOPs. *MAC (Multiply-ACcumulate)* — операция $a \leftarrow a + b \times c$. Для свёртки:

$$\text{MACs} = H_{\text{out}} W_{\text{out}} C_{\text{in}} k^2 C_{\text{out}}.$$

Во многих отчётах $\text{FLOPs} \approx 2 \times \text{MACs}$ (умножение+сложение считаются отдельно). Конвенции (учёт bias, FMA) могут различаться между фреймворками/статьями.

Global Average Pooling (глобальное среднее пулинг). Для карты признаков $A \in \mathbb{R}^{H \times W \times C}$:

$$y_c = \frac{1}{HW} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W A_{i,j,c}.$$

Global Average Pooling убирает координаты (усиливает инвариантность к сдвигам) и не добавляет параметров.

Конвенции этого ДЗ. Свёртка трактуется как кросс-корреляция; ядра квадратные $k \times k$. Считаем MACs только для свёрток; ReLU и Max Pooling игнорируем.

Домашнее задание: «Арифметика свёрточной сети»

Бланк ответов

Задание 1. Напишите размеры тензоров после каждого слоя.

На вход тензор: $24 \times 24 \times 3$

#	Слой	k	s	p	C_{in}	C_{out}	Размер выхода $H \times W \times C$
—	Вход	—	—	—	—	—	
1	Conv1	3×3	1	1	3	12	
2	Conv2	3×3	2	1	12	24	
3	Max Pooling	2×2	2	0	—	—	
4	Conv3	1×1	1	0	24	10	
5	Global Average Pooling	—	—	—	—	—	$1 \times 1 \times 10$

Задание 2. Посчитайте число параметров каждого свёрточного слоя и сумму.

Подсказка по формуле: $(k^2 C_{in}) C_{out} + C_{out}$ (bias учитываем).

#	Слой	k	s	p	C_{in}	C_{out}	#params
1	Conv1	3×3	1	1	3	12	
2	Conv2	3×3	2	1	12	24	
3	Max Pooling	2×2	2	0	—	—	—
4	Conv3	1×1	1	0	24	10	
5	Global Average Pooling	—	—	—	—	—	—

Задание 3. Оцените MACs для каждого свёрточного слоя и общую сумму.

Подсказка по формуле: $MACs = H_{out} W_{out} C_{in} k^2 C_{out}$.

#	Слой	k	s	p	C_{in}	C_{out}	$H_{out} \times W_{out}$	k^2	MACs
1	Conv1	3×3	1	1	3	12		9	
2	Conv2	3×3	2	1	12	24		9	
3	Max Pooling	2×2	2	0	—	—	—	—	—
4	Conv3	1×1	1	0	24	10		1	
5	Global Average Pooling	—	—	—	—	—	—	—	—

Задание 4. Коротко: эквивариантность свёртки и инвариантность от Global Average Pooling + Softmax (2–4 предложения).