Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Нейротехнологии и аффективные вычисления

Распознавание эмоций по ЭЭГ

Выполнил:

Маликов Глеб Игоревич

Группа № P3324

Преподаватель:

Русак Алена Викторовна

Санкт-Петербург

2025

**Содержание**

[Задание 3](#_Toc193898099)

[Реализация 4](#_Toc193898100)

[Код 10](#_Toc193898101)

[Вывод 12](#_Toc193898102)

# Задание

В блокноте рассмотрен пример решения задачи классификации эмоций по ЭЭГ с использованием рекуррентной сети GRU.

Исходные данные представляют собой набор статистических и спектральных показателей сигналов ЭЭГ, записанных во время просмотра стимулов с разной эмоциональной окраской.

Провести исследование представленной модели с целью повышения точности распознавания или предложить свою модель.

# Решение

## Начальная модель

┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━┓

┃ **Layer (type)** ┃ **Output Shape** ┃ **Param #** ┃

┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━┩

│ gru (GRU) │ (None, 64) │ 13,056 │

├─────────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤

│ dropout (Dropout) │ (None, 64) │ 0 │

├─────────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤

│ dense (Dense) │ (None, 32) │ 2,080 │

├─────────────────────────────────┼────────────────────────┼───────────────┤

│ dense\_1 (Dense) │ (None, 3) │ 99 │

└─────────────────────────────────┴────────────────────────┴───────────────┘

**Total params:** 15,235 (59.51 KB)

**Trainable params:** 15,235 (59.51 KB)

**Non-trainable params:** 0 (0.00 B)

### Начальные результаты

Epoch 41/100

**54/54** ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ **41s** 427ms/step - accuracy: 0.9447 - loss: 0.1543 - val\_accuracy: 0.9204 - val\_loss: 0.2202

A graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of

AI-generated content may be incorrect.

F1 Score: 0.9226

A diagram of a confusion matrix

AI-generated content may be incorrect.

### Изменённая модель

┏━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━┳━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┓

┃ **Layer (type)** ┃ **Output Shape** ┃ **Param #** ┃ **Connected to** ┃

┡━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━╇━━━━━━━━━━━━━━━━━━━┩

│ input\_layer\_1 │ (None, 750, 2) │ 0 │ - │

│ (InputLayer) │ │ │ │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ bidirectional\_1 │ (None, 750, 300) │ 138,600 │ input\_layer\_1[0]… │

│ (Bidirectional) │ │ │ │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ batch\_normalizatio… │ (None, 750, 300) │ 1,200 │ bidirectional\_1[… │

│ (BatchNormalizatio… │ │ │ │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ attention\_1 │ (None, 750, 300) │ 0 │ batch\_normalizat… │

│ (Attention) │ │ │ batch\_normalizat… │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ add\_1 (Add) │ (None, 750, 300) │ 0 │ batch\_normalizat… │

│ │ │ │ attention\_1[0][0] │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ global\_average\_poo… │ (None, 300) │ 0 │ add\_1[0][0] │

│ (GlobalAveragePool… │ │ │ │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ dense\_2 (Dense) │ (None, 64) │ 19,264 │ global\_average\_p… │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ dropout\_1 (Dropout) │ (None, 64) │ 0 │ dense\_2[0][0] │

├─────────────────────┼───────────────────┼────────────┼───────────────────┤

│ dense\_3 (Dense) │ (None, 3) │ 195 │ dropout\_1[0][0] │

└─────────────────────┴───────────────────┴────────────┴───────────────────┘

**Total params:** 159,259 (622.11 KB)

**Trainable params:** 158,659 (619.76 KB)

**Non-trainable params:** 600 (2.34 KB)

### Результаты

Epoch 20/150

46/46 - 194s - 4s/step - accuracy: 0.8937 - loss: 0.2637 - val\_accuracy: 0.9336 - val\_loss: 0.1753 - learning\_rate: 1.0000e-03

A graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of a graph of

AI-generated content may be incorrect.

F1 Score: 0.9411

A diagram of a confusion matrix

AI-generated content may be incorrect.

# Вывод

В ходе улучшения модели распознавания эмоций по ЭЭГ были внесены изменения как использование двунаправленного слоя GRU вместо однонаправленного. добавление системы внимания, которая позволяет модели сосредотачиваться на наиболее значимых участках сигнала, добавление резидуального соединения, что улучшает градиентный поток и способствует более стабильному обучению. Также была добавлена слой нормализации BatchNormalization, который дополнительно снижает переобучение и ускоряет сходимость.

В стратегии обучения также произошли изменения. Был задан шаг обучения и внедрён механизм динамического снижения learning rate при отсутствии прогресса на валидации. Кроме того, мониторинг ранней остановки был переключён с функции потерь на точность, что сделало процесс остановки обучения более чувствительным к основной целевой метрике. Совокупность этих изменений обеспечила рост F1-метрики с 0.9226 до 0.9411, что подтверждает эффективность новой архитектуры и стратегии обучения.