



Дослідження і проектування інтелектуальних систем

6 листопада 2025 р.



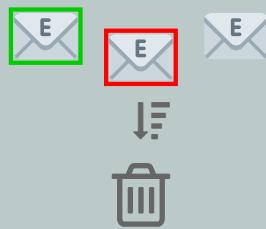
Штучний інтелект

Будь-яка техніка, яка дозволяє комп’ютерам імітувати поведінку людини



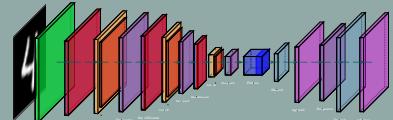
Машинне навчання

Можливість комп’ютера учитися не будучи явно запрограмованим



Глибинне навчання

Пошук шаблону в даних за допомогою нейронних мереж



ПР 3: Увага та трансформери

«Кожен аспект навчання або будь-яка риса інтелекту може бути описана настільки точно, що її можна відтворити у машині.»

– Джон Маккарті, автор терміна «штучний інтелект»

Вступ

Одним з найважливіших досягнень сучасного штучного інтелекту є поява моделей на основі **механізму уваги (attention)**, що дозволив нейронним мережам ефективно працювати з даними, які можна подати у вигляді послідовності дискретних представлень: текст, зображення, аудіозаписи, відео, послідовність білкових амінокислот тощо. Механізм уваги вирішив основну проблему традиційних рекурентних мереж – неможливість ефективно враховувати контекст у довгих послідовностях. Завдяки увазі модель може зосереджуватись на найбільш важливих елементах вхідних даних, незалежно від їхньої позиції, що суттєво покращує якість розуміння контексту, коли модель приймає рішення або генерує текст.

Крім того, на відміну від рекурентних нейронних мереж, які опрацьовують послідовність поелементно, архітектура трансформера, побудована на механізмі уваги, дозволяє обробляти всі елементи вхідної послідовності одночасно. Це можна порівняти з пошуком інформації у книзі: якщо рекурентна мережа читає її слово за словом, поступово накопичуючи контекст, то трансформер «бачить» увесь текст одразу й може миттєво зосередитись на тих місцях, які найбільш важливі для поточного завдання. Такий підхід забезпечує ефективне моделювання довгострокових залежностей у послідовностях, зменшує часову складність обчислень завдяки паралельній обробці елементів вхідних даних та створює передумови для масштабування архітектури на великі набори даних.

Архітектура трансформера (Transformer) запропонована 2017 року у статті «Attention is All You Need» повністю побудована на механізмі **самоуваги (self-attention)** та позбавлена рекурентних або згорткових елементів. Архітектура трансформера стала основою для побудови сучасних генеративних моделей, зокрема **Generatively Pretrained Transformer (GPT)**. Моделі серії GPT (GPT-2, GPT-3) і, зокрема, ChatGPT, показали здатність трансформерних нейронних мереж не лише до контекстного аналізу тексту, а й до *авторегресивної генерації*¹ зв'язного та семантично узгодженого тексту. У таких моделях використовується підхід попереднього навчання на великих корпусах даних з подальшим донавчанням (*fine-tuning*) для конкретних завдань.

Мета

Ознайомитися з архітектурою трансформера та механізмом уваги, розібратись з їхньою реалізацією на прикладі створення спрощеної моделі GPT.

¹Модель крок за кроком прогнозує умовний розподіл наступного токена за всіма попередніми.

Навчальний матеріал

- Andrej Karpathy - Let's build GPT: from scratch, in code, spelled out. [\[Colab example\]](#)
- Grant Sanderson - Visualizing transformers and attention
- Grant Sanderson - Attention in transformers, step-by-step

Завдання

На основі запропонованих навчальних матеріалів і прикладів² потрібно розібратись з принципом роботи трансформерів і пояснити ключові складові їхньої архітектури. Підготувати в L^AT_EX детальний опис реалізації спрощеної моделі GPT. Опис необхідно супроводжувати відповідними формулами, рисунками та прикладами коду. У висновках резюмуйте пророблену роботу, відобразіть свої спостереження, зазначте, які аспекти були найскладнішими для розуміння.

Оцінювання

Максимальна оцінка за виконання завдання – 10 балів.

Шаблон для підготовки звіту: drive.google.com/drive/folders/1t2BI7XE9RJg1ox1HYkKfDrf3tIXWPzY?usp=sharing.

Структура шаблону для звіту:

```
...
└── code      # Директорія для файлів з кодом (для лістингу коду у звіті)
    ├── test.py
    └── hello.c

└── images    # Основна директорія для зображень (.pdf, .jpg, .png)
    ├── NN_.pdf
    └── logo-red.pdf

    ├── main.pdf      # Файл отриманий внаслідок компіляції main.tex
    ├── main.tex       # ТЕХ файл звіту
    ├── ref.bib        # Бібліографія (BibTeX)
    └── report.cls    # Файл налаштування стилів звіту
```

Задача завдання

Архів Прізвище_Ім'я_Група.zip відправляєте на перевірку [СЮДИ](#). У архів покладіть:

- програмну реалізацію з експериментами реалізації базової моделі GPT
- Ваш звіт (.pdf файл) разом з іншими файлами L^AT_EX, які були використані для підготовки цього звіту

Дедлайн: 30 листопада 2025 року о 23:59

²Можна також використовувати інший навчальний матеріал і приклади.