

масштабованість та адаптивність, прозорість і приватність. Основна ідея полягає у врахуванні контексту користувача: місця, часу, середовища, стану користувача. Елементи AR повинні бути правильно розташовані та прив'язані до реального фізичного об'єкта; надлишкова інформація обмежена або прихована, коли взаємодія із нею не передбачена; взаємодія із доповненими об'єктами має використовувати декілька можливих способів залежно від ситуації та контексту; досвід має бути передбачуваним, і що важливо, інтуїтивно зрозумілим; інтерфейс має бути незалежним та працювати коректно в умовах недоступності частини IoT даних, адаптуватись до змінних умов і давати користувачу можливість контролю над автоматизованими процесами. Окремо виділяють принципи прозорості, приватності та довіри. Користувач має розуміти, що саме роблять IoT-пристрої, для чого і які дані збирають так як їх обробляють.

Інтерфейси користувача виходять за межі 2D простору, зміна контексту взаємодії із користувачем робить використання загальноприйнятих принципів проектування вкрай важливими для послідовного, зрозумілого та ефективного використання інтерфейсу.

Література

1. Oviatt S., Cohen P. R. Definition and Types of Multimodal Interface // The Paradigm Shift to Multimodality in Contemporary Computer Interfaces. Cham: Springer International Publishing, 2015. DOI: 10.1007/978-3-031-02213-5_1.
2. Nishchuk A., Sanderson N. C., Chen W. Elderly-centered Usability Heuristics for Augmented Reality Design and Development // Universal Access in the Information Society. 2025. Vol. 24. P. 621–641. DOI 10.1007/s10209-023-01084-w.
3. Kim J. C., Mitra K., Saguna S., Åhlund C., Laine T.H. DesignWise: Design principles for multimodal interfaces with augmented reality in Internet of Things-enabled smart regions // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2025. Vol. 207. Article ID 103663. DOI:10.1016/j.ijhcs.2025.103663.

УДК 004.8

В.Г. Лісовий – студент гр. САМ-61

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА ТРАНСФОРМЕРА ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

V. Lisovyi st.group SAM-61

TRANSFORMER ARCHITECTURE FOR MULTIDIMENSIONAL TIME SERIES CLASSIFICATION

Для вирішення задачі класифікації багатовимірних часових рядів розроблено архітектуру моделі трансформера, що дозволяє враховувати як взаємозв'язки між локальними областями серед вимірів, так і взаємозв'язки між підпоследовностями вздовж кожного виміру. Як основа взята архітектура двобаштової моделі [1], яка може обробляти різну природу даних. Розроблена архітектура показано на рис. 1.

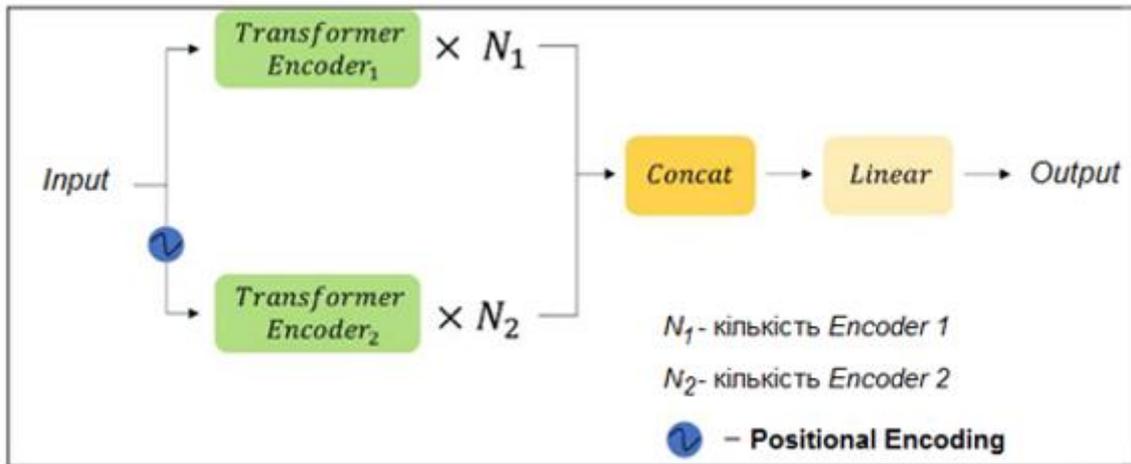


Рисунок 1 – Архітектура моделі, що розробляється

Вхідні дані надходять у два різних кодувальники, котрі називаються Encoder 1 і Encoder 2 відповідно, додаючи у другому випадку позиційний вектор. Далі дані проходять через N шарів кодувальників, що об'єднуються, проходять через лінійний шар і формується цільовий результат.

Як вхідні дані використовуються багатовимірні часові ряди, розділені на підпоследовності однакової розмірності (патчі). При проходженні даних через розроблену модель формується набір ймовірностей, що дозволяє визначити клас найбільшої ймовірності.

Як кодувальники використовуються оригінальні шари трансформер моделі, представленої в роботі [2]. Дані шари перетворюють вхідну послідовність у внутрішнє представлення, що містить інформацію про семантику та структуру вихідних даних. Він складається з декількох блоків, кожен з яких містить безліч шарів самоуваги (self-attention) і шарів прямого (feed-forward). Перші шари допомагають моделі фокусуватися на різних частинах вхідних даних, а другі шари забезпечують нелінійні перетворення, покращуючи здатність моделі до вивчення складних залежностей даних. Кількість кожного кодувальника може змінюватись і є гіперпараметром моделі. Завданням Encoder 1 є пошук закономірностей між патчами серед вимірів. А завданням Encoder 2 є пошук закономірностей між патчами вздовж кожного часового ряду. Пошук взаємозв'язків кодувальниками показано на рис. 2.

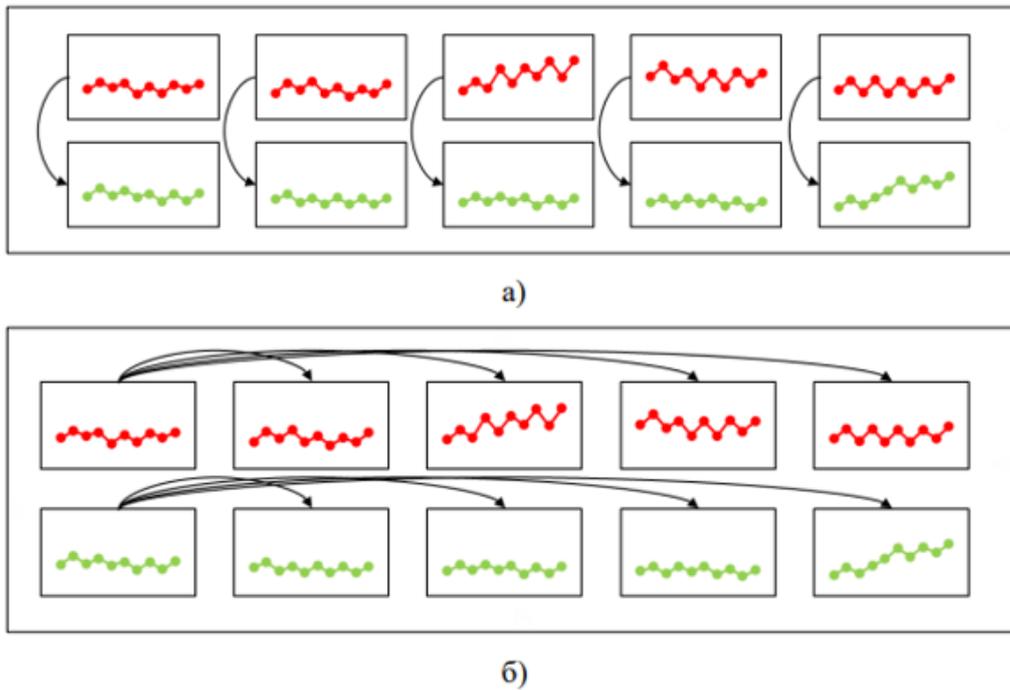


Рисунок 2 – Пошук закономірностей: а) Encoder 1; б) Encoder2

Основна ідея даної архітектури полягає у пошуку закономірностей між вимірами, що дозволяє досягти Encoder 1. Оскільки кодувальники не враховують упорядкованість послідовностей, прийнято додавати позиційний вектор до даних. Але оскільки серед вимірів немає порядку, цей вектор додається тільки до даних, які проходять через Encoder 2.

Як стратегія позиціонування використовується оригінальний метод з роботи [2], який полягає у використанні тригонометричних функцій для отримання позиційного вектора. Позиційне кодування дозволяє враховувати абсолютні та відносні позиції патчів вздовж кожного виміру.

Для оцінки розробленої архітектури завдання класифікації багатовимірних часових рядів було встановлено критерії відбору даних. Вибрані дані повинні представляти різні сфери та мати різноманітну природу. Крім того, вони повинні мати різні розміри вхідних і вихідних даних, а також бути актуальними, зведеними до однієї довжини і попередньо очищеними від шумів і аномалій.

Література

1. Su L. et al. Beyond Two-Tower Matching: Learning Sparse Retrievable CrossInteractions for Recommendation //Proceedings of the 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. 2023. pp. 548-557.
2. Vaswani, A., et al. Attention Is All You Need. Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, Long Beach, 4-9 December 2017, pp. 6000-6010