

ефективності адаптивного алгоритму у вебтренажері пам'яті проводиться шляхом аналізу показників продуктивності користувачів, таких як точність відповідей, швидкість реакції та динаміка прогресу протягом тренувальних сесій. Використання структурованих даних та частотних характеристик завдань дозволяє порівнювати адаптивний підхід із традиційним статичним розподілом завдань, визначаючи переваги персоналізованої регуляції складності. Експериментальна оцінка показала, що інтеграція адаптивних моделей та алгоритму Хаффмана забезпечує більш рівномірний розподіл когнітивного навантаження та підвищує ефективність тренування пам'яті. Отримані результати демонструють перспективність впровадження таких алгоритмів у сучасні інтелектуальні навчальні системи, а також можливість подальшої оптимізації та масштабування для широкого кола користувачів.

### Література

1. Алгоритми та структура даних URL: <https://dou.ua/lenta/articles/what-you-should-know-about-algorithms/>. Доступ до ресурсу: 30.11.2025
2. Pedro Domingos. The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World / Pedro Domingos.
3. Дослідження оптимального коду Хоффмана URL: <https://naurok.com.ua/metodichni-vkazivki-schodo-vikonannya-praktichno-roboti-doslidzhennya-optimalnogo-kodu-haffmana-359165.html> /(дата зверення: 30.11.2025)
4. Жихарський П.О. Дослідження методів та алгоритмів компресії (Кваліфікаційна робота. Харківський національний університет радіоелектроніки) С.56 URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/b10b5b95-3a99-4d57-a3fd-6097208477c5/content>

УДК 004.92:004.8:004.738.5

**Т.А. Липак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З МОБІЛЬНОЮ ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ В ІОТ**

**Т.А. Лупак**

#### **DESIGN PRINCIPLES FOR MULTIMODAL INTERFACES WITH MAR IN IOT**

Все частіше в сучасних системах ІоТ застосовуються технології мобільної доповненої реальності (MAR) [1]. Це розширює способи взаємодії користувача із системою, дозволяє в реальному часі інтуїтивно подати складну, часто багатозарову, інформацію про контекст взаємодії, роблячи шлях досягнення поставленої цілі зрозумілішими для користувача. Системи ІоТ стають все складнішими, а інтерфейси користувача (UI) часто виявляються перенавантаженими та нелогічними у спробах адаптуватись під нові можливості, тому традиційні підходи до дизайну не справляються із зростаючою кількістю інформації [2]. Потреба взаємодії користувача складних систем з великою кількістю датчиків, сервісів та інших засобів зумовлює необхідність формування принципів дизайну, які забезпечать позитивний досвід користувача (UX).

Дослідники [3] поділяють принципи дизайну для складних смартсистем на 7 загальних категорій: контекстна обізнаність, подання та абстрагування даних, мультимодальна взаємодія, юзабіліті та навчання, персоналізація та залучення,

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.