

**АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ СИСТЕМИ
ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ НАВІГАЦІЇ НА ОСНОВІ СЕМАНТИЧНОЇ
РОЗМІТКИ ОБ'ЄКТІВ**

Камишан П.С.

e-mail: polina.kamyshan@nure.ua

Науковий керівник – канд. техн. наук, ст. викл. Кобилін І.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ
м. Харків, Україна

This paper proposes a novel framework for personalized navigation in complex multimedia environments. By integrating Computer Vision (YOLO) and OCR (CRNN), the proposed approach constructs a dynamic knowledge graph of exhibits, moving beyond static topological maps. Path costs are defined through a multiobjective linear scalarization function, balancing semantic affinity with spatial distance. This transition from geometric pathfinding to context-aware, interest-based exploration significantly enhances the information density of user visits. The method demonstrates high efficiency in real-time path optimization, offering a scalable solution for intelligent guidance systems in visually dense spaces.

У сучасних мультимедійних системах, що функціонують у середовищах з високим рівнем візуальної насиченості (музейні експозиції, інтелектуальні виставкові простори), виникає потреба в автоматизації навігації, що базується не на фіксованих маршрутах, а на контекстуальних інтересах користувача. Існуючі навігаційні рішення часто спираються на статичні топологічні карти, які оперують виключно метричними характеристиками середовища (відстанню між точками), ігноруючи семантичний зміст експонатів. Проблема полягає у відсутності єдиного методологічного підходу до інтеграції методів комп'ютерного зору (Computer Vision, CV) та оптичного розпізнавання тексту (Optical Character Recognition, OCR) для динамічного формування графа знань, який слугує фундаментальним базисом для побудови персоналізованих сценаріїв огляду в реальному часі.

Аналіз існуючих методів показує, що хоча детекція об'єктів та зчитування метаданих є добре опрацьованими завданнями комп'ютерного зору, їх поєднання у єдину навігаційну систему залишається відкритим науковим питанням. Статичні алгоритми маршрутизації, такі як алгоритм Дейкстри [4], не здатні обробляти гетерогенні дані, оскільки вони оперують одновимірною функцією вартості ребер. Для наочної демонстрації обмежень класичних алгоритмів наведено порівняльний аналіз (табл. 1).

Для подолання цих обмежень у запропоновано архітектурне рішення, яке трансформує вхідний візуальний потік у структуровану графову модель з семантичними атрибутами вузлів, що дозволяє алгоритмам

оптимізації оперувати контекстними даними, а не лише просторовими координатами.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика алгоритмів навігації

Критерій порівняння	Класичний підхід (Дейкстра/A*)	Запропонований підхід
Базис маршрутизації	Евклідова дистанція	Семантична спорідненість + відстань
Тип графа	Статична топологічна карта	Динамічний семантичний граф знань
Функція вартості	Одновимірна (відстань)	Багатовимірна (скаляризація)
Користувацький досвід	Оптимальний за часом	Оптимальний за інтересами

Методологія роботи запропонованої системи базується на принципах інтеграції нейромережових моделей у процес побудови графа. Первинна обробка даних здійснюється за допомогою моделей архітектури YOLO [1] для детекції об'єктів мистецтва та сегментації інформаційних табличок. Це забезпечує фільтрацію шумів та точну локалізацію експонатів у просторі. Після локалізації застосовуються OCR-моделі (зокрема CRNN) [2] для верифікації даних. Наступним етапом є генерація графа знань, де кожен вузол представляє фізичний об'єкт, а ребра формуються на основі семантичної спорідненості атрибутів.

Для врахування багатокритеріальності задачі, функція вартості переходу W_{ij} між об'єктами визначається через модель лінійної скаляризації [3]:

$$W_{ij} = \alpha \cdot \hat{d}_{ij} + \beta \cdot (1 - \hat{S}_{ij}) + \gamma \cdot \hat{C}_j,$$

де $\hat{d}_{ij}$ відображає нормалізовану просторову дистанцію, $\hat{S}_{ij}$ – семантичну подібність об'єктів, $\hat{C}_j$ – показник складності вузла, а $\alpha, \beta, \gamma \in$ ваговими коефіцієнтами, що визначають пріоритетність критеріїв.

Підхід полягає у переході від статичної топології до динамічного графа знань, де маршрут формується на основі принципу максимізації "інформаційної щільності" маршруту для конкретного користувача. Теоретична складність запропонованого методу оцінюється як

$$O(N \log N + k \cdot N),$$

де N – кількість вузлів графа, а k – накладні витрати на обчислення семантичних атрибутів.

Таблиця 2 – Складові архітектурної моделі навігаційної системи

Компонент системи	Методологічне обґрунтування	Вплив на оптимізацію маршруту
CV-модуль (YOLO)	Детекція та локалізація експонатів	Формування вузлів графа
OCR-модуль (CRNN)	Вилучення семантичних метаданих	Атрибутивне наповнення вузлів
Модуль скаляризації	Інтеграція гетерогенних критеріїв	Побудова багатовимірної функції вартості
Модуль маршрутизації	Адаптивний пошук (Modified A*)	Забезпечення персоналізації огляду

Запропонована архітектура демонструє високу ефективність синтезу методів комп'ютерного зору та графового моделювання для персоналізованої навігації. Впровадження багатовимірної функції вартості дозволяє здійснити перехід від статичного пошуку шляху до динамічного, контекстно-орієнтованого формування маршрутів. Таким чином, розроблений підхід є ефективним інструментом для створення адаптивних інтелектуальних навігаційних комплексів у просторах з високою візуальною насиченістю.

Список використаних джерел:

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
2. Shi, B., Wang, X., & Lv, P. (2016). An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
3. Machuca, E., & Mandow, L. (2016). Multiobjective Shortest Path Problems: A Survey. *European Journal of Operational Research*.
4. Hart, P., Nilsson, N., & Raphael, B. (1968). A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*.
5. Edelkamp, S., & Schroedl, S. (2011). *Heuristic Search: Theory and Applications*. Morgan Kaufmann.