

УДК 004.932:004.8:534.222

*Шумейко К.П., аспірант,  
Національний університет «Одеська політехніка»*

## **ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ БАГАТОВИМІРНОГО АНАЛІЗУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ КЕРУВАННЯ ГІДРОАКУСТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

Вступ. Сучасні гідроакустичні системи функціонують у складному динамічному середовищі, що характеризується значною варіативністю параметрів водного середовища, наявністю шумових перешкод та багатоканальністю джерел інформації.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності керування гідроакустичними процесами на основі інтеграції різнорідних даних, отриманих із сенсорних систем різної фізичної природи.

Традиційні підходи до обробки сигналів, що ґрунтуються на одновимірних або слабо структурованих моделях, виявляються недостатніми для адекватного врахування складних просторово-часових залежностей [1].

Зростання обсягів мультимодальних даних, що включають акустичні сигнали, параметри середовища, навігаційні характеристики та додаткові контекстні ознаки, формує передумови для застосування методів багатовимірної аналізу.

Основна частина. Гідроакустичні процеси мають складну природу, яка визначається взаємодією хвильових явищ, властивостей середовища та характеристик джерел сигналів.

Формування інформативних ознак у таких системах відбувається на основі даних різної модальності, включаючи часові ряди акустичних коливань, спектральні характеристики сигналів, температурні та гідрологічні показники. Це зумовлює необхідність побудови моделей, здатних одночасно враховувати різнорідність і високий рівень кореляцій між ознаками [2].

Запропонований підхід передбачає багаторівневу обробку мультимодальних даних із використанням методів зниження розмірності, латентного представлення та інтеграції ознак. На початковому етапі здійснюється агрегація даних із різних сенсорних джерел із подальшою синхронізацією у спільному часовому просторі. Важливим аспектом є усунення шумів, компенсація втрат сигналу та нормалізація масштабів вимірювань.

Наступний етап передбачає застосування методів багатовимірної статистичного аналізу для виявлення структурних залежностей.

Зокрема, використовуються методи головних компонент, факторного аналізу та багатовимірного шкалювання, що дозволяють виділити найбільш інформативні компоненти даних та зменшити вплив надлишкових ознак. У випадку нелінійної структури даних доцільним є використання автоенкодерів або інших глибинних моделей представлення.

На рівні моделювання процесів керування застосовуються методи машинного навчання, орієнтовані на роботу з мультимодальними даними. До них належать рекурентні нейронні мережі для обробки часових залежностей, а також гібридні архітектури, що поєднують згорткові та рекурентні компоненти.

Такий підхід дозволяє враховувати як локальні особливості сигналів, так і їх довгострокову динаміку.

Інтеграція результатів різних моделей здійснюється на основі ансамблевих методів або через побудову метамodelей, що узагальнюють інформацію з кількох джерел.

Особливістю запропонованої концепції є орієнтація на адаптивне керування, при якому модель постійно оновлюється на основі нових даних. Це забезпечує підвищення стійкості системи до змін середовища та зменшення похибок прогнозування. Практична реалізація підходу передбачає створення програмно-апаратних комплексів, здатних працювати в режимі реального часу.

Висновки. У роботі обґрунтовано доцільність використання методів багатовимірного аналізу мультимодальних даних у задачах керування гідроакустичними процесами.

Запропонований підхід забезпечує підвищення точності аналізу та прогнозування за рахунок інтеграції різнорідних джерел інформації та використання сучасних методів машинного навчання. Отримані результати можуть бути використані при розробці інтелектуальних гідроакустичних систем нового покоління..

#### **Список використаних джерел:**

1. Urick R. J. Principles of Underwater Sound. New York: McGraw-Hill, 1983. 423 p.
2. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. 3rd ed. New York: Pearson, 2009. 936 p.
3. Li X., Zhao Y. Multimodal Data Fusion in Underwater Acoustic Signal Processing. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 45678–45692..