

УДК 004.8:530.145

*Магалецька В.В., к.т.н., доцент
ТОВ Приватний вищий навчальний заклад
«УНІВЕРСИТЕТ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»*

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНИХ КВАНТОВИХ МОДЕЛЕЙ

Розвиток інформаційних технологій на основі нелінійних квантових моделей зумовлений зростанням складності обчислювальних задач, високою розмірністю інформаційних конфігурацій та потребою в адаптивній обробці даних в умовах структурної й динамічної невизначеності [1]. За таких умов лінійні моделі квантових інформаційних процесів є принципово обмеженими, що зумовлює перехід до нелінійних математичних підходів.

При цьому альтернативний підхід відкидає еволюційне описання квантових інформаційних процесів, замінюючи його строгою геометрично-варіаційною інтерпретацією. Квантова інформаційна система формалізується як нелінійна динамічна структура на рімановому просторі станів, а інформаційна обробка трактується як керований рух у детермінованому геометричному просторі. Підхід інтегрує теорію складних систем, інформаційну геометрію та алгоритмічні процедури в єдину формалізовану рамку [2].

Нехай множина фізично допустимих квантових станів визначається як ріманів простір станів

$$M = \{\rho \in D(H)\}, \quad (1)$$

де $D(H)$ – множина щільнісних операторів у гільбертовому просторі H . Наділення простору M квантово-інформаційною метрикою дозволяє формалізувати поняття інформаційної відстані між станами, а також кількісно оцінювати чутливість системи до збурень і структурну складність інформаційних конфігурацій.

У межах такої геометричної постановки динаміка інформаційних процесів інтерпретується як керований геодезичний рух на метриці M . Еволюцію квантового стану можливо описати рівнянням:

$$\frac{D}{dt} \dot{\rho}(t) = F(\rho(t), u(t)), \quad (2)$$

де $\frac{D}{dt}$ – коваріантна похідна на просторі станів, F – нелінійний інформаційний векторний потік, а $u(t)$ – параметри керування, що визначають допустимі напрями еволюції.

Обчислювальні та інформаційні процеси формалізуються у варіаційній постановці, де еволюція квантового стану відповідає розв'язанню задачі мінімізації функціоналу дії

$$S[\rho, u] = \int_0^T (\langle \dot{\rho}, \dot{\rho} \rangle_{\rho} + \lambda I(\rho) + R(u)) dt. \quad (3)$$

На просторі M , $I(\rho)$ визначається інформаційна метрика $\langle \dot{\rho}, \dot{\rho} \rangle_{\rho}$, що слугує функціоналом інформаційної складності, $R(u)$ описує ресурсну вартість керування, а параметр λ задає баланс між точністю обробки та обчислювальною складністю.

Адаптивне керування в межах геометрично-варіаційного підходу реалізується не як зовнішній силовий вплив, а як локальна деформація геометрії простору станів $\mathcal{G}_{\rho} \rightarrow \mathcal{G}_{\rho}(u)$.

Деформація простору станів задає контекстно-залежні напрями еволюції, реалізуючи механізми навчання та адаптації. Варіаційні квантові алгоритми, квантові нейромережі та симулятори інтерпретуються відповідно як дискретизовані геодезичні траєкторії, керовані деформації інформаційної метрики та чисельна інтеграція руху на нелінійному просторі станів без введення нефізичних операторів.

В цілому запропонований математичний апарат задає концептуально цілісну основу для інформаційних технологій на основі нелінійних квантових моделей, інтегруючи теорію складних систем, квантову інформацію та адаптивні обчислення. Це визначає перспективний напрям розвитку інтелектуальних технологій нового покоління для роботи в умовах високої складності та обмежень.

Список використаних джерел

1. Фесенко, Т., та Калашникова, Ю. (2025). Математичні аспекти спільного застосування алгоритму AES та стеганографічних методів у захисті ключів автентифікації. Збірник «Інформаційні технології та безпека», 13 (2), 178–191. <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2025.13.2.344592>.
2. Фесенко Т., Калашнікова Ю. Використання Cisco SecureX для SOC-автоматизації. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2025. № 4 (82). С. 138–143. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.4.138>. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/4119> (дата звернення: 14.02.2026).