

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Приладобудівний факультет
Академія інженерних наук України
Люблинський технологічний університет, Польща



XXIV Міжнародна науково-технічна конференція

**“ПРИЛАДОБУДУВАННЯ:
стан і перспективи”**

13 – 14 травня 2025 р.

Київ, Україна

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ



КИЇВ 2025

Загальною метою конференції є плідне спілкування науково-промислової спільноти в царині проблем створення засад сучасного приладобудування, прецизійних технологій, інтелектуалізації виробництва.

В роботі конференції брали участь 281 представник від 33 промислових підприємств, академічних, вузівських та галузевих дослідницьких установ з 14 міст України, Польщі, Болгарії, США тощо.

Збірник містить 143 праці за результатами наукових і практичних досліджень з актуальних проблем приладобудування.

Розраховано на науковців, інженерно-технічних працівників, підприємців приладобудівної промисловості, аспірантів, магістрантів з фаху комп'ютерно-інтегрованих технологій, метрології, аналітичного та екологічного приладобудування, автоматизації науково-технічних досліджень, інформаційно-вимірювальної техніки широкого призначення.

Адреса Оргкомітету конференції: 03056, Київ-56, пр. Берестейський, 37, корп. 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Приладобудівний факультет, 1720.

Сайт конференції: <http://conferencepb.kpi.ua/conferencepb2025/>

Матеріали доповідей прорецензовані.

Рекомендовано до публікації на засіданні Наукового комітету конференції та Вченої ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Відповідальний редактор – Т. Р. Ключко, ст. наук. співр., канд.техн.наук, доц.
Технічне коригування – А. В. Писарець – доц., канд.техн.наук, доц.

Збірник матеріалів XXIV Міжнародної науково-технічної конференції “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 13 – 14 травня 2025 р., Київ, Україна, 2025, 452 с.

Видано на замовлення ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Збірник матеріалів XXIV Міжнародної науково-технічної конференції ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 13 - 14 травня 2025 р., Київ, ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 452 с.

Збірник містить тези доповідей, які присвячені актуальним проблемам стану вітчизняного та світового приладобудування.

Розглянуто теоретичні та практичні питання створення інформаційних технологій, автоматизованих навігаційних, інтегрованих оптично-електронних систем, надточних контрольно-вимірювальних приладів систем автоматизації, зокрема в галузі ресурсозбереження.

Обговорено проблеми розвитку автоматизації сучасних технологічних процесів, аналітичного та екологічного приладобудування, сучасних технологій створення інформаційних систем біологічних та медичних досліджень для забезпечення медичної галузі, проблеми автоматизації неруйнівного контролю та діагностики та питання, пов'язані з підготовкою фахівців із цієї галузі. Щодо змісту праць, опублікованих у збірнику, відповідальність мають їх автори.

Proceeding of XXIV International scientific and technical conference INSTRUMENT MAKING: state and prospect, 13-14 May 2025, Kyiv, IMF of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2025. 452 p.

The proceeding includes thesis of conference reports related to actual problems of the modern development of native and world instrument making.

Theoretical and practical issues of creating information technologies, automated navigation, integrated optical-electronic systems, high-precision control and measuring instruments of automation systems, in particular in the field of resource conservation, for discussion are offered.

Many problems of development of modern technological processes automation, analytical and ecological instrumentation, modern technologies of creation of biological and medical researches information systems to support the medical field, the problems of non-destructive testing and diagnostics automation and issues related to training of specialists in this field are discussed. The authors are responsible for the content of the works published in the collection.

ефективного використання.

5. МОТИВАЦІЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВЛАСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Існуючі програмні рішення (PCOT, ОТВ, PolSARPro, AVHYAS) не забезпечують повної підтримки мультиспектральних поляриметричних даних, особливо в нестандартних форматах або умовах реального часу. Вони потребують значного ручного втручання, мають обмежену автоматизацію та лише частково використовують потенціал штучного інтелекту. Розробка власного програмного забезпечення дозволить усунути ці недоліки, забезпечити інтеграцію методів ШІ для підвищення точності, адаптивності та швидкості обробки, а також створити єдину систему, орієнтовану на актуальні вимоги користувачів.

Ключові слова: мультиспектральна поляриметрія, обробка зображень, автоматизація, програмне забезпечення, обробка даних.

Література

- [1] Syniavskiy, I., Oberemok, Y., Danylevsky, V., Bovchaliuk, A., Fesianov, I., Milinevsky, G., ... & Ivanov, Y. (2021). Aerosol-UA satellite mission for the polarimetric study of aerosols in the atmosphere. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 267, 107601.
- [2] Синявський, І. І., Іванов, Ю. С., Сосонкін, М. Г., Осипенко, Р. С., & Оберемок, Є. А. (2021). Мультиспектральний іміджер-поляриметр (МСІП): принцип роботи, геометричне та поляриметричне калібрування.
- [3] Куренчук, А. С. (2024). Алгоритми оптимізації параметрів нейронної мережі типу U-net (Doctoral dissertation, Тернопіль, ЗУНУ).
- [4] PCOT: An open-source toolkit for multispectral image processing. Режим доступу: [www. URL: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gdj3.283](http://www.rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gdj3.283) (дата звернення: 22.04.2025).
- [5] Orfeo ToolBox (ОТВ) - Open Source processing of remote sensing images. Режим доступу: [www. URL: https://www.orfeo-toolbox.org/](http://www.orfeo-toolbox.org/) (дата звернення: 22.04.2025).
- [6] PolSARpro (Polarimetric SAR data Processing and Education Toolbox). Режим доступу: [www. URL: https://earth.esa.int/eogateway/tools/polsarpro](http://earth.esa.int/eogateway/tools/polsarpro) (дата звернення: 22.04.2025).

УДК 004.38:530.145

МУЛЬТИАГЕНТНА АРХІТЕКТУРА КЕРУВАННЯ КВАНТОВИМ КОМП'ЮТЕРОМ

Слюсар В. І.

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, Київ, Україна
E-mail: swadim@ukr.net*

Квантові обчислення стрімко розвиваються, але їхня архітектура керування переважно залишається монолітною та централізованою. Існуючі програмні стекові рішення, наприклад, Qiskit від IBM [1], Cirq від Google [2] і Forest від Rigetti [3], спроектовані як лінійні, трубоподібні виконавчі системи. Хоча вони

підтримують потужні функції, зокрема компіляцію схем, планування гейтів та гібридні класично-квантові цикли, їм бракує модульної адаптивності і когнітивної гнучкості. Такі обмеження стають критично важливими в умовах масштабування й ускладнення квантового апаратного забезпечення зі збільшенням кількості кубітів. Разом з тим, поширення великих і малих мовних моделей (LLM) відкриває нові можливості для застосування технологій штучного інтелекту у сфері квантових обчислень [4], зокрема для оптимізації програмного коду [5], декомпозиції завдань природною мовою та ін.

Метою роботи є дослідження поєднання зазначених трендів шляхом формування керувального сегменту квантової обчислювальної системи у вигляді когнітивної мультиагентної архітектури [6].

Основне завдання полягає у відході від жорстких послідовностей керування до екосистеми інтелектуальних підсистем, кожна з яких контролюється спеціалізованим агентом на основі LLM. Така система не лише забезпечить безперервну оптимізацію процесу квантових обчислень і їх самовідновлення, але й створить природне середовище для взаємодії людини з машиною, інтерпретованості та безпечної експлуатації.

Мінімальний за спроможностями варіант пропонованої архітектури керування квантовим комп'ютером може налічувати до 6 агентів (рис. 1), що взаємодіють через багатоканальну комунікаційну шину. Вона реалізує розподілений простір для внутрішнього обміну повідомленнями та контекстами на основі спеціальних протоколів [6], наприклад, A2A для міжагентських комунікацій [7] та MCP [7] - для з'єднань з виконавчими системами і сховищами даних.

Процес обчислень починається *агентом користувачького інтерфейсу*, який приймає на вході запит оператора квантового комп'ютера у вигляді природної мови, математичного опису задачі, аудіоконтенту або візуального інтерфейсу. Спираючись на спроможності з семантичного аналізу та трансляції природної мови і мультимодальних даних у формальні структури, він перетворює задачу на формалізований опис (наприклад, у форматі QASM) та передає його далі до *агенту квантового компілятора*. Той, в свою чергу, здійснює мапінг логічних кубітів на фізичні, будує квантову схему, обирає гейти, оптимізує глибину та зменшує кількість операцій на рівні кубітів з урахуванням топології. При цьому забезпечується метаевристичне планування процесу обчислень та перетворення графів задач у гейтові послідовності. Такий набір завдань дозволяє вважати даного агента планувальником усіх процесів, з яким тісно співпрацює окремий *агент контролера квантового процесора (QPU)*. Його призначенням є оркестрація виконання гейтів на фізичних кубітах з контролем витрат часу, координація запуску квантових програм, управління мікрохвильовими імпульсами або лазерними системами шляхом перетворення квантових схем у низькорівневі сигнали управління.

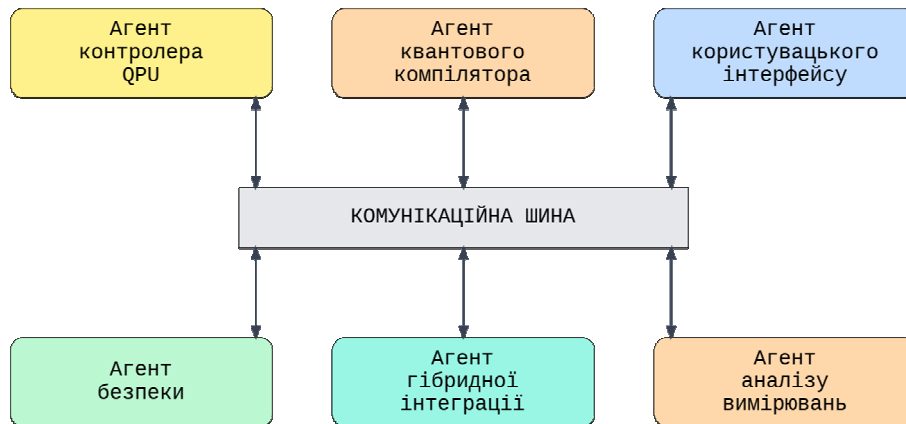


Рис. 1. Мінімальна за спроможностями комплектація мультиагентної системи керування квантовим комп'ютером

Синхронізація квантових обчислень з зовнішніми класичними процесами забезпечується *агентом гібридної інтеграції*. Наприклад, у випадках Variational Quantum Eigensolver або QAOA він підтримує ітеративну взаємодію між квантовою та класичною частинами комп'ютерної системи. Його компетенцією є керування ітеративними циклами між QPU і CPU/GPU, адаптивна стратегія підбору параметрів тощо.

Для забезпечення захисту каналів від перехоплення (наприклад, перевірка QKD), управління правами доступу до квантових ресурсів і взагалі квантової безпеки до схеми включено *агента безпеки*. Його місія зводиться до аналізу протоколів автентифікації, формування політик доступу, виявлення кібератак та їх ідентифікації в інтересах вибору оптимальної стратегії протидії.

Нарешті, останнім з наявних на рис. 1 агентів у ланцюгу обробки даних є *агент аналізу вимірювань*. Він отримує результати зчитування кубітів (битові стрічки), статистично обробляє їх та формує узагальнене представлення. Видані цим агентом дані постобробки та агрегування результатів подаються комунікаційною шиною на агента користувацького інтерфейсу для візуалізації або озвучування результатів обчислень.

Звісно, наведені вище назви агентів є досить умовними і можуть змінюватися, так само як і набір їх функцій, однак наведений їх перелік, по суті, є мінімально необхідним для ефективного функціонування квантової чи гібридної комп'ютерної системи.

Подальше удосконалення описаної схеми може бути досягнуте шляхом включення до неї додаткового *агента навчання і оптимізації* (рис. 2). Цей агент повинен збирати інформацію про параметри обчислень з усіх їх етапів, виконувати мета-аналіз, щоб адаптувати систему до майбутніх запитів. Він будує базу знань про найкращі стратегії для різних типів задач, здійснює історичний

аналіз, реалізує процеси навчання з підкріпленням (reinforcement learning) та інші методи глибокого навчання.

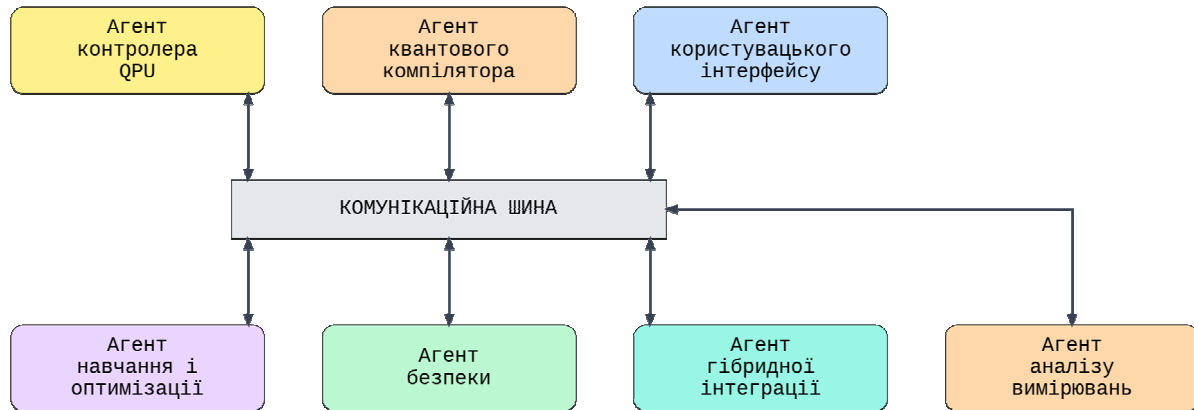


Рис. 2. Удосконалена мультиагентні система з доданим агентом навчання та оптимізації

Враховуючи необхідність виявлення та виправлення помилок у функціонуванні кубітів, більш просунуті мультиагентні системи квантових обчислень мають обов'язково містити *агента управління помилками* (рис. 3).

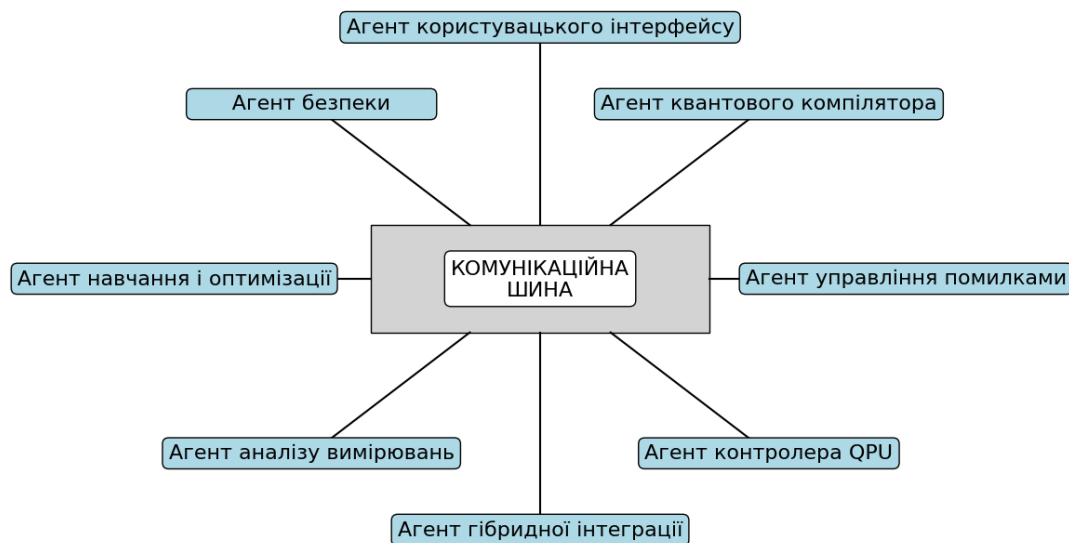


Рис. 3. 8-агентний варіант системи керування квантовим комп'ютером

Його наявність забезпечує аналіз обраних маршрутів обчислень, застосування квантових кодів коригування помилок (наприклад, код Шора, LDPC [8]). Також цей агент спостерігає за станами кубітів, прогнозує втрати когерентності, забезпечує моніторинг квантових шумів, статистичний прогноз і автоматичний вибір схем корекції. На основі спеціальних метрик декогерентності в його складі запускаються маскові механізми уваги, які дозволяють блокувати надмірно зашумлені кубіти (рис. 4).

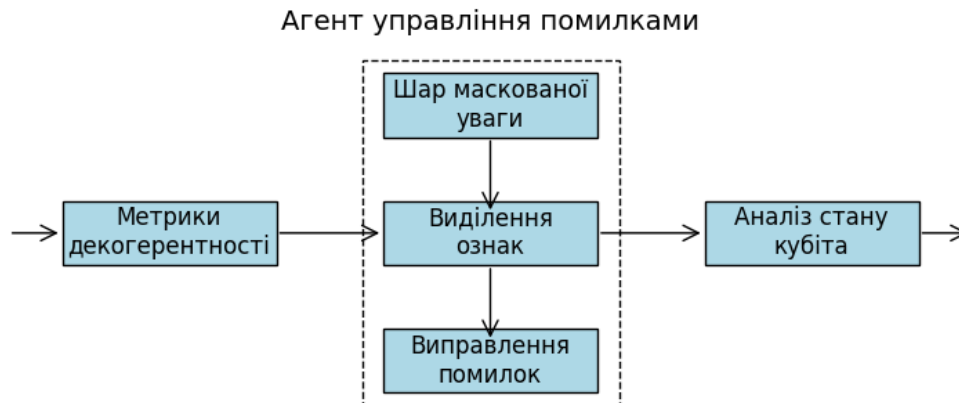


Рис. 4. Пропонована структура агента управління помилками

Описаний архітектурний принцип має значний потенціал для розвитку і дозволить досягти більшої ефективності і масштабованості для гібридних класично-квантових платформ. Він створює можливість адаптації та самоорганізації квантових обчислень, чого бракує відомим QPU.

Ключові слова: квантовий комп'ютер, агенти, LLM, QPU.

Література

- [1] K. Manoku and J. Zhao, “Unveiling Code Clones in Quantum Programming: An Empirical Study with Qiskit,” arXiv, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2501.06420>.
- [2] Google AI Quantum Team, “Announcing Cirq: an open source framework for NISQ algorithms,” Google Research Blog, Jul. 18, 2018. [Online]. Available: <https://research.google/blog/announcing-cirq-an-open-source-framework-for-nisq-algorithms/>.
- [3] R. S. Smith, M. J. Curtis, and W. J. Zeng, “A Practical Quantum Instruction Set Architecture,” arXiv, Aug. 2016. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1608.03355>.
- [4] V.I. Slyusar, Y.P. Kondratenko, A.I. Shevchenko, T.V. Yeroshenko, ‘Some Aspects of Artificial Intelligence Development Strategy for Mobile Technologies’, Journal of Mobile Multimedia, Vol. 20_3, pp. 525 – 554, 2024. DOI: 10.13052/jmm1550-4646.2031.
- [5] S. Y. Shin, F. Pastore, and D. Bianculli, “Quantum Program Linting with LLMs: Emerging Results from a Comparative Study,” arXiv, Apr. 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2504.05204>.
- [6] V. Slyusar. Distributed Multi-agent Systems Based on the Mixture of Experts Architecture in the Context of 6G Wireless Technologies. In: Dovgyi, S., et al. (eds) Applied Innovations in Information and Communication Technology. ICAIT 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 1338. Springer, 2025, pp. 81-110. DOI: 10.1007/978-3-031-89296-7_6.
- [7] I. Habler, K. Huang, V. S. Narajala, and P. Kulkarni, “Building A Secure Agentic AI Application Leveraging A2A Protocol,” arXiv, Apr. 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2504.16902>.
- [8] V. Slyusar. The concept of synthesis of LDPC and Polar Codes on the basis of Face-Splitting product of matrices. EasyChair Preprint № 4852, January 3, 2021. [Online]. Available: <https://easychair.org/publications/preprint/shvT>.