Мета-квантовые вычисления на многообразиях Калаби–Яу.
CYbit and MetaCYbit

Евгений Монахов
LCC "VOSCOM ONLINE" Research Initiative
ORCID: 0009-0003-1773-5476

2025

Аннотация

В работе вводится новая парадигма вычислений, основанная на многообразиях Калаби–Яу (CY). Показан путь от классических битов к квантовым кубитам, далее к кудитам, и затем к CYбитам — квантовым состояниям, определённым на многообразиях Калаби–Яу. Наконец, вводится понятие Мета-CYбита — функционала, действующего на целые гильбертовы пространства CYбитов. Приведены математические определения, оценки масштабирования и предложен план исследований для дальнейшего изучения этой модели вычислений.

1 Введение

Классические вычисления основаны на битах, принимающих значения 0 и 1. Квантовые вычисления расширяют это понятие до кубитов — суперпозиций в двумерном гильбертовом пространстве. Кудиты обобщают это на размерность d, позволяя состояниям существовать в $\mathbb{C}^d$. Мы предлагаем сделать следующий шаг, введя CYбиты — состояния, определённые на многообразиях Калаби–Яу, и Мета-CYбиты, работающие на уровне функциональных пространств.

2 От битов к кубитам

Классический бит:

$$b \in \{0, 1\}.$$

Квантовый бит (кубит):

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad \alpha, \beta \in \mathbb{C}, \ |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

3 Кудиты

Обобщение на размерность d:

$$|\psi\rangle = \sum_{i=0}^{d-1} \alpha_i |i\rangle, \quad \alpha_i \in \mathbb{C}, \quad \sum_{i=0}^{d-1} |\alpha_i|^2 = 1.$$

4 CYбиты

Пусть M — многообразие Калаби–Яу комплексной размерности k. Определим CYбит как:

$$\psi(x) \in L^2(M, \mathbb{C}^d).$$

Таким образом, носителями информации являются квантовые состояния на CY-геометрии.

Лапласиан:

$$(Lf)(p_i) = \sum_{j:(i,j)\in E} w_{ij}(f(p_i) - f(p_j)),$$

спектр которого, как предполагается, отражает числа Ходжа $(h^{1,1}, h^{2,1})$ и эйлерову характеристику $\chi(M)$.

5 Мета-CYбиты

Определим Мета-CYбиты как функционалы на CY-гильбертовых пространствах:

$$\Psi \in L^2(\mathcal{H}_{CY}, \mathcal{D}\psi),$$

где $\mathcal{H}_{CY}$ — гильбертово пространство состояний CYбитов. Таким образом, они представляют вычисления над пространствами квантовых состояний.

6 Масштабирование вычислительной ёмкости

Для n носителей информации:

- Классические биты: 2^n состояний.
- Кубиты: 2^n-мерное гильбертово пространство.
- Кудиты (d уровней): d^n состояний.
- CYбиты (размерность CY $= m$, локальное d-уровневое состояние):

$$\sim (m^d)^n \quad \text{эффективных состояний.}$$

- Мета-CYбиты: рост масштабируется как функциональные пространства, что приводит к сверхэкспоненциальному увеличению.

7 Обсуждение и направления исследований

1. Спектральный анализ: связь спектра лапласиана и топологии CY.
2. Вычислительная ёмкость: формулы, связывающие её с числами Ходжа.
3. Коррекция ошибок: построение квантовых кодов на основе CY-гомологии.
4. Динамика: время как поток Риччи на метриках CY,

$$\frac{\partial g_{i\bar{j}}}{\partial \tau} = -\mathrm{Ric}(g)_{i\bar{j}}.$$

8 Заключение

Мета-CY вычисления представляют собой концептуальный скачок от кубитов к носителям информации, определённым на многообразиях, и далее — к функциональному уровню Мета-CYбитов. Эта рамка открывает широкий круг математических, физических и вычислительных задач.

Цитирование (BibTeX - EN)

```
@misc{CY_meta_quantum_2025,
  author       = {Evgeny Monakhov and LCC "VOSCOM ONLINE" Research Initiative},
  title        = {Meta-Quantum Computing on Calabi--Yau Manifolds},
  year         = {2025},
  publisher    = {Zenodo},
  doi          = {10.5281/zenodo.17050352},
  url          = {https://doi.org/10.5281/zenodo.17050352},
  orcid        = {0009-0003-1773-5476},
  url_orcid    = {https://orcid.org/0009-0003-1773-5476},
  organization = {https://voscom.online/}
}
```