

# Класичні генетичні оператори в реалізації квантового генетичного алгоритму

Валерій Ткачук, Микола Козленко

*Кафедра інформаційних технологій  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
м. Івано-Франківськ, Україна*

**Анотація** — Традиційні генетичні алгоритми ґрунтуються на еволюції в часі популяції в просторі пошуку, та є перспективним та до певної міри універсальним підходом до розв'язку задач оптимізації. Відносно недавно, як альтернативу еволюційним алгоритмам, запропоновано квантові генетичні алгоритми (QGA), основні ідеї яких опираються на принципи квантових комп'ютерних обчислень. Проведені нами раніше дослідження ілюструють, що QGA у версії з використанням багатозначної квантової логіки для представлення особин популяції, є ефективним до задач комбінаторної та функціональної оптимізації. Нижче буде окреслено можливі перспективні напрямки розвитку QGA в подальшому.

**Ключові слова** — генетичний алгоритм, квантові обчислення, квантовий генетичний алгоритм, оператор квантового вимірювання, оператор квантового гейту.

## I. ВСТУП

Основні ідеї класичного генетичного алгоритму були запропоновані в 70-х роках Джоном Холландом [1] та на сьогоднішній день ефективно використовується для розв'язку різного класу задач оптимізації. Він є стохастичним алгоритмом оптимізації, що ґрунтується на моделюванні принципів еволюції біологічних систем – популяції випадковим чином згенерованих розв'язків під дією ряду традиційних генетичних операторів: відбору, мутації та схрещування. Квантовий генетичний алгоритм ґрунтується на поєднанні ідей квантових обчислень та технології класичних еволюційних алгоритмів [2, 3]. Навіть при його реалізації засобами класичних обчислювальних систем імовірнісний спосіб представлення особин популяції у поєднанні із імовірнісним принципом роботи квантових операторів забезпечує ефективну збіжність до оптимального значення при невеликих розмірах популяції.

Для покращення ефективності роботи QGA також може бути використана як багатозначна квантова логіка [3], так і оператори, що більше притаманні класичним принципам еволюції, наприклад квантової катастрофи, який є аналогом оператора мутації у класичній реалізації генетичного алгоритму [4].

## II. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Класичний GA достатньо повно досліджено у фаховій науковій літературі та детального опису не потребує. В цілому структура QGA є аналогічною (Алгоритм 1.). Принципова відмінність полягає в особливостях реалізації квантових операторів із врахуванням представлення особин популяції як системи кубітів [2] чи кудітів [3, 4].

**Алгоритм 1.** К в а н т о в и й г е н е т и ч н и й а л г о р и т м

- 1  $t=0$
- 2 ініціалізація  $Q(t)$
- 3 вимірювання  $Q(t)$  та перехід до  $P(t)$
- 4 оцінювання пристосованості  $P(t)$
- 5 знаходження  $b$  — найкращого розв'язку в  $P(t)$

```

6   while (умова завершення еволюції)
7        $t=t+1$ 
8       оновлення  $Q(t)$  за допомогою квантового гейту
9       вимірювання  $Q(t)$  та перехід до  $P(t)$ 
10      оцінювання пристосованості  $P(t)$ 
11      знаходження  $b$  — найкращого розв'язку в  $P(t)$ 
12  end while

```

Тут  $Q(t)$  – квантова популяція розв'язків на момент часу  $t$ ;  $P(t)$  - класичне представлення популяції, отримане в результаті квантового вимірювання. Особливості представлення популяції з використанням багатозначної квантової логіки, реалізацію базових квантових операторів та їх налаштування детально викладені у проведених раніше дослідженнях [3-6].

### III. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Запропонований підхід із використанням багатозначної квантової логіки в реалізації QGA проілюстрував свою високу ефективність у порівнянні як із класичним генетичним алгоритмом, так і QGA. Порівняння проводились на прикладі задач функціональної та комбінаторної оптимізації різного рівня розмірності та складності [3-6].

Аналіз зміни середньої пристосованості популяції в процесі еволюції дозволяє зробити висновки про те, що ефективність глобального пошуку алгоритму є достатньо високою: система швидко локалізує область глобального мінімуму за рахунок імовірнісного характеру роботи оператора квантового вимірювання. На противагу цьому ефективність локального пошуку - досягнення глобального мінімуму за рахунок тільки оператора квантового гейту є процесом відносно повільним та вимагає достатньо довгого часу еволюції. Так, в загальному часі еволюції популяції він займає не менше 80%. Реалізація адаптивного характеру роботи оператора квантового гейту дозволяє дещо покращити ефективність локального пошуку [5].

### IV. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Перспективними напрямками майбутніх досліджень може бути використання багатозначної квантової логіки в реалізації QGA у комплексі із широким спектром генетичних операторів, які були розроблені в рамках класичного генетичного алгоритму чи інших підходів та методів до задач оптимізації. При цьому важливим є не просто вибір самих операторів, а власне розробка принципів їх реалізації в квантово-механічному розумінні та налаштування параметрів їх роботи для забезпечення їх максимальної ефективності. Прикладом такого підходу може бути [4], де проілюстровано ефективність використання оператора квантової катастрофи в реалізації QGA.

### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Holland J. H. *Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence* / J. H. Holland. - London: Bradford book edition, 1994. - 211 p.
- [2] Han K.-H. Genetic quantum algorithm and its application to combinatorial optimization problem / K.-H. Han, J.-H. Kim // *Proc. Congress on Evolutionary Computation*. - Vol. 2. - La Jolla, CA, July 2000. - P. 1354–1360.
- [3] Valerii Tkachuk, "Quantum Genetic Algorithm Based on Qutrits and Its Application", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, Article ID 8614073, 8 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8614073>.
- [4] Valerii Tkachuk, "Quantum Genetic Algorithm on Multilevel Quantum Systems", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, Article ID 9127510, 12 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9127510>.
- [5] Ткачук В. М. Адаптивний квантовий генетичний алгоритм для 0–1 задачі пакування рюкзака / В. М. Ткачук // *Системні дослідження та інформаційні технології*.-т.2.-2018.-с.77-88. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2018.2.08
- [6] Ткачук В. М., Ткачук О. М. Квантовий генетичний алгоритм вищих порядків для 0-1 задачі пакування рюкзака / В. М.Ткачук, О. М. Ткачук // *Системні дослідження та інформаційні технології*.-2018.-т.3, с.52-67. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2018.3.05