

# Всероссийский квантовый хакатон

Ноябрь 2023

## 1 Задача составления расписания лекций

Составление расписания занятий в университете является сложной задачей комбинаторной оптимизации. При составлении расписания необходимо учитывать различное число параметров, включая количество преподаваемых предметов, количество учебных групп и преподавателей, возможные временные окна для проведения лекций и многие другие параметры. В общем случае задача составления расписания с учетом всех ограничений относится к классу NP-сложных. В данном кейсе предлагается решить задачу составления расписания лекций по образовательной программе квантовых вычислений с помощью метода квантового отжига.

### Условия задачи

1. Есть  $N = 5$  преподавателей, которые ведут  $M = 10$  предметов в двух группах  $K = 2$ .
2. В день может быть поставлено не более 6 лекций в расписании группы.
3. В день не может быть более двух занятий по одному предмету у группы.
4. Так получилось, что преподаватель  $n_1$  не может вести лекции в среду, а  $n_2$  в понедельник, а  $n_3$  никак не может работать по субботам,  $n_4, n_5$  – не могут вести занятия по вторникам. Воскресенье – день без занятий.
5. По требованию учебной программы для каждого предмета должно быть выделено 4 часа за период  $T = 2$  недели для каждой группы.
6. Каждый преподаватель имеет ограниченное число часов в неделю на работу  $E \leq 20$  (учитывая, что он может вести не более двух разных предметов в день, каждый преподаватель может вести 2 предмета из списка – Таблица 1).
7. В дне 8 часов, в которые можно распределять занятия:
  - (a) 9:00-10:00

- (b) 10:00-11:00
- (c) 11:00-12:00
- (d) 12:00-13:00
- (e) 13:00-14:00
- (f) 14:00-15:00
- (g) 15:00-16:00
- (h) 16:00-17:00

Таблица 1: Распределение преподавателей по предметам

Преподаватель	Предметы
1. Иванов	Квантовая механика Квантовая теория информации
2. Петров	Квантовые вычисления Сложность квантовых алгоритмов
3. Сидоров	Квантовые алгоритмы в логистике Квантовое машинное обучение
4. Карпов	Моделирование квантовых систем Квантовые алгоритмы в химии
5. Соколов	Физическая реализация квантовых компьютеров Моделирование квантовых алгоритмов

## Задача

Требуется разработать квантовый алгоритм составления расписаний занятий на основе метода квантового отжига (модель Изинга/QUBO). С помощью разработанного алгоритма необходимо составить расписание лекций на две недели, учитывающее все ограничения или наиболее близкое к нему.

## Форма представления решения

Таблица с расписанием занятий. Таблица Должна включать информацию: преподаватель – предмет – группа – день - час. Таблица 2 показывает форму представления результатов расписания.

## Критерии оценки решения

Максимальное число баллов за задачу: 40.

Общее решение задачи оценивается по следующим критериям:

1. Предложен алгоритм квантового отжига для составления расписания занятий

Таблица 2: Пример представления решения задачи составления расписания

	Group	Week	Day	Hours	Subject	Name
0	QC_1	Неделя 1	пн	9:00-10:00	Физическая реализация квантовых компьютеров	Соколов
1	QC_2	Неделя 2	ср	11:00-12:00	Квантовые алгоритмы в логистике	Сидоров
2	QC_2	Неделя 2	чт	15:00-16:00	нет занятий	нет занятий
...	...	...	...	...	...	...

2. Представлен анализ предложенного квантового алгоритма. Анализ должен включать оценку масштабирования алгоритма по количеству переменных, оценку сходимости алгоритма, сравнение алгоритма с классическими аналогами (на выбор участников).
3. Предоставлен работающий код решения задачи с помощью QUBO солвера.
4. Представлено расписание занятий, максимально соответствующее всем ограничениям.
5. Общее качество презентации решения

## 2 Классификация ионов

В квантовом компьютере используется 4 иона, с которыми проводятся квантовые операции. После выполнения квантового алгоритма необходимо провести считывание состояния регистра ионов и определить бинарную строку, соответствующую состоянию ионов.

Для определения состояния ионов используются снимки с камеры во время перехода ионов из одного энергетического состояния в другое при подаче лазерного излучения. Для анализа состояния кубитов предлагается разработать квантовый алгоритм постобработки снимков камеры для определения состояния ионов (кубитов). На рисунке 2 показан пример снимка ионов и соответствующая классификация их состояния.

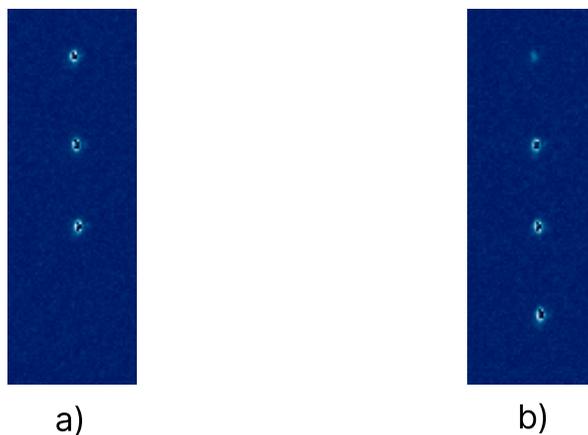


Рис. 1: Пример классификации состояния ионов. Снимку a) соответствует бинарная строка '1110', снимку b) соответствует бинарная строка '1111'

### Входные данные

На входе даны 1000 снимков ионов в ловушке Пауля. Изображения даны вертикально. Считать ионы сверху вниз. Входные данные можно скачать по [ссылке](#).

### Форма представления результатов

Таблица в следующем формате:

Также будет оцениваться время работы алгоритма для обучения и предикта. Форма результата: код, ответ в виде csv файла `'labeled_ions_team_number.csv'`, презентация результатов с QUBO постановкой задачи.

Таблица 3: Форма предоставления ответов по задаче классификации ионов

file number	file name	qubit 1 state	qubit 2 state	qubit 3 state	qubit 4 state

## Критерии оценки решения

Максимальное число баллов за задачу: 30.

Общее решение задачи оценивается по следующим критериям:

1. Предложен метод сведения задачи классификации ионов на изображении в модель QUBO/Изинга.
2. Представлен анализ предложенного алгоритма. Анализ должен включать оценку масштабирования алгоритма по количеству переменных, оценку сходимости алгоритма, сравнение алгоритма с классическими аналогами.
3. Предоставлен работающий код, реализующий алгоритм квантового отжига.
4. Представлено верное решение задачи классификации ионов. Проведена оценка точности решения на предоставленном наборе данных. Используются метрики оценки многоклассовой классификации: Precision, Recall, F1. Решение представить в виде файла *'labeled\_ions\_team\_number.csv'*
5. Общее качество презентации решения.

Справочная информация: Условия свечения ионов (на изображении - белый): Кубит находится в состоянии  $|0\rangle$  при подаче излучения лазера длиной волны 397 нм. Свечение происходит во время перехода с уровня  $4S$  на уровень  $4P$ . В разметке состояние  $|0\rangle$  нужно обозначать как 1, состояние  $|1\rangle$  нужно обозначать как 0.

### 3 Определение объектов на изображении

Сегментация изображений - это задача компьютерного зрения, в которой целью является разделение изображения на несколько сегментов, каждый из которых представляет собой группу пикселей с определенными общими характеристиками. Эти сегменты обычно соответствуют различным объектам, текстурам или регионам на изображении. Задача сегментации позволяет компьютеру понимать структуру и содержание изображения, выделять объекты и их границы.

В настоящее время существует несколько подходов к сегментации изображений с использованием гейтовых квантовых алгоритмов. В данном кейсе предлагается разработать алгоритм сегментации объектов на изображении с использованием методов квантового отжига.

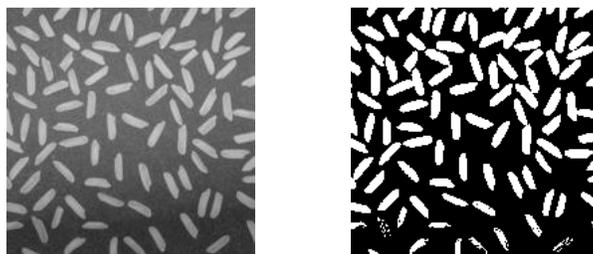


Рис. 2: Пример сегментации изображения

#### Задача

Разработать и реализовать алгоритм сегментации объектов изображения на основе алгоритма квантового отжига. Разработанный алгоритм необходимо оценить с точки зрения требуемых вычислительных ресурсов (количества кубит и времени работы алгоритма). Тестирование алгоритма провести на контрольных изображениях (доступны для скачивания по [ссылке](#)).

#### Форма представления решения

Алгоритм решения представить в виде презентации с описанием алгоритма и анализом его применимости для сегментации изображений.

#### Критерии оценки решения

Максимальное число баллов за задачу: 30.

Общее решение задачи оценивается по следующим критериям:

1. Предложен алгоритм квантового отжига для сегментации объектов на изображении.

2. Представлен анализ предложенного квантового алгоритма. Анализ должен включать оценку масштабирования алгоритма по количеству переменных, оценку сходимости алгоритма, сравнение алгоритма с классическими аналогами (на выбор участников).
3. Предоставлен работающий код, реализующий сведение к QUBO/модели Изинга.
4. Представлено верное решение задачи сегментации объектов на изображении (необходимо использовать изображения из тестовой выборки).
5. Общее качество презентации решения.