

决赛

答题时间 2024-05-13 10:00:00 ~ 2024-06-10 18:00:00

考试须知：

- 1、决赛考试时间为2024.05.13 10:00 — 2024.06.10 18:00，请各位选手在规定时间内进行作答。
 - 2、请严格按照题目要求进行作答，避免不必要的失分。
 - 3、本次考试只有队长账号可进行作答，各参赛团队队员间可以协作答题，由队长统一提交答案。
 - 4、考试过程中如有问题，可以咨询赛事小助手，或者在大赛交流群中反馈。
- 祝各位选手取得优异的成绩！

一、编程题

本次考试共2道编程题，第1题50分，第2题50分。

1. PUBO优化

【问题背景】

一般而言，QAOA算法常被用于解决QUBO（二次二值无约束优化）算法。然而在部分现实应用中，PUBO（多次二值无约束优化）问题也有对应求解需求。PUBO可以直接利用QAOA求解，也可以利用替换变量的方式变为更多变量的QUBO问题。QAOA算法在真实量子芯片运行时，一般会遇到拓扑结构问题，需要进行线路编译优化。其中，双门深度可以被当作一个比较重要的指标。

【问题描述】

给定一个PUBO问题：现在需要在X和Y两类材料中各挑选出 m 和 n 种材料组成某个复合材料，其中X类材料有 M 种，分别记作 x_1, x_2, \dots, x_M ，Y类材料有 N 种，分别记作 y_1, y_2, \dots, y_N 。

我们使用材料的两种属性得分作为评估复合材料的依据，属性得分来自于不同XY材料组合得分之和。对于任意一组 (x_i, y_j) 组合，属性一得分为 α_{ij} ，属性二得分为 β_{ij} ，总得分则为所有 $m \times n$ 种组合对应的得分之和。目标要求最终复合材料的属性一得分尽可能接近A，属性二得分尽可能接近B。

例如：在X中选择了 $x_1, x_3, x_5 (m = 3)$ ，在Y中选择了 $y_0, y_2 (n = 2)$ ，则属性一得分为 $\alpha_{10} + \alpha_{12} + \alpha_{30} + \alpha_{32} + \alpha_{50} + \alpha_{52}$ ，属性二得分为 $\beta_{10} + \beta_{12} + \beta_{30} + \beta_{32} + \beta_{50} + \beta_{52}$

问题1：使用合适的编码手段，将问题转化为二值优化问题（不限多项式次数），并设计对应的QAOA算法，给出哈密顿量。

问题2：在第一问基础上，以 $M = 5, N = 5, m = 3, n = 2$ 为例，在72量子比特、网格型的拓扑结构（见下）上实现 $p = 1$ 的QAOA线路，包括Cost层和Mixer层，以U3+CNOT+BARRIER+MEASURE作为基本门对线路进行合理排布，使得以独立CNOT层数作为评分，CNOT层数尽可能少。选手可以随机生成 $\alpha_{ij}, \beta_{ij}, \gamma, \beta \neq 0$ 。

【提交说明】

选手应严格按照下述要求进行答题，若出现因任何选手答题格式问题导致的失分现象，应后果自负。

选手应定义question2()函数，按照下列格式返回问题2对应量子线路。除该函数外，选手应准备一PDF格式文件，对问题1和问题2进行解答。选手应详细叙述解题思路、求解步骤等，并定义generate_circuit()函数，在其中提供生成问题2答案的过程代码以供检查。

线路输出格式：量子线路应以一个列表形式给出，其中每个元素为一个元组，代表一个量子门，格式为：(operator_name, qubit, cbit, parameters)

例如：

```
[('U3', 0, None, (0.1, 0.2, 0.3)),
 ('CNOT', [0, 1], None, None),
 ('BARRIER', [0, 1], None, None),
 ('MEASURE', 0, 0, None),
 ('MEASURE', 1, 1, None)]
```

代表线路：

```
QINIT 2
CREG 2
U3 q[0],(0.5,0.1,0.2)
CNOT q[0],q[1]
BARRIER q[0], q[1]
MEASURE q[0],c[0]
MEASURE q[1],c[1]
```

(更详细的示例可见示例文件)

选手应自定义generate_circuit()函数（以及其他需要的自定义函数），包含线路生成过程，并在generate_circuit()函数中返回结果，保证该函数可被调用生成正确结果，供阅卷老师事后检查使用。选手应保证该generate_circuit()函数内代码内容、返回结果、question2()返回值和说明文档说明内容一致，否则会以作弊论处。

为避免运行时间过长，选手应直接将答案以题目所要求的列表形式粘贴在question2()中并返回，不应调用或涉及任何线路生成过程，否则有运行时间过长导致不得分的风险。question2()函数不应输入和输出形式做任何修改。

如：

```
"""
经过本地运行上面的函数，得到结果为
[(['U3', 2, None, (1.5707963267949, 3.14159265358979, -3.1415926535897
9)),
 ('CNOT', [7, 13], None, None),
 ('MEASURE', 7, 0, None),]
"""

def question2():
    circuit_list = [(['U3', 2, None, (1.5707963267949, 3.1415926535897
9, -3.14159265358979)),
 ('CNOT', [7, 13], None, None),
 ('MEASURE', 7, 0, None),]
    return circuit_list
```

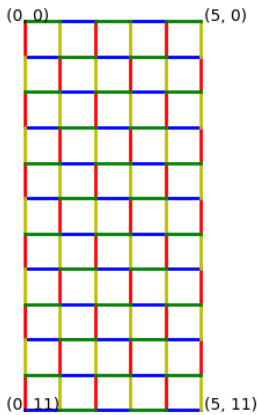
是合理的。

```
def generate_circuits(some_parameters)
    result = some_steps()
    return result

def question2():
    circuit_list = generate_circuit(some_parameters)
    return circuit_list
```

是不合理的。

如图所示，网格型拓扑结构指：除边界外，量子比特 (a, b) 与量子比特 $(a + 1, b), (a - 1, b), (a, b + 1), (a, b - 1)$ 间可以构造CNOT门，其中 $0 \leq a \leq 5, 0 \leq b \leq 11$ ，量子比特编号为 $6b + a$ 。相同颜色的边代表CNOT门可以在同一层中作用而不受串扰影响，不同颜色的边代表CNOT门不能放在同一层中。
独立CNOT层指：在芯片操作时，为保证时序对齐，CNOT门只能和其他CNOT门处于同一层，不能和单门处于同一层。请适当使用BARRIER进行线路分割。



可使用pyqpanda 3.8.3.4版本的transform_to_base_qgate(prog, machine, ['U3'], ['CNOT'])将QProg转化为基本量子门。
在文件get_layers.py(点击下载文件)中，我们给出了若干实例和评分函数，选手可以根据该文件自行进行评估。

【评分标准】

- (1) 问题1：20分。选手应对编码方式、优化目标函数、限制条件等构造进行合理说明。哈密顿量可正确、完整表达问题需要，且说明清楚的可得满分。只给出对应结果，不给出说明，或构造结果不正确的，得零分。若哈密顿量部分正确（如未考虑限制条件等），则根据情况在0~10分间适当给分。
- (2) 问题2：40分。按照所有正确结果的选手排名给分，深度最浅的选手获得40分满分，深度最深的选手获得25分，其他选手按照线性分布给分。如果线路不正确（例如不符合拓扑结构、线路不符合QAOA算法要求、和第一问哈密顿量不一致等），得0分。
- (3) 算法设计与文档：40分。来自文档可读性、算法设计、算法可通用性和可解释性。


【环境配置要求】


除python基础库、pyqpanda及其附带的库外，禁止使用其他python模块。
pyqpanda版本：3.8.3.4
python3.8~3.11


提交代码

请在CloudIDE中进行作答，代码实时保存，可以进行多次编辑

启动CloudIDE







```
if __name__ == "__main__":
    qvm = CPUQVM()
    qvm.init_qvm()

    qvm.set_configuration(29, 29)
    qubits = qvm.qAlloc_many(4)
    cbits = qvm.cAlloc_many(4)

    # 构建量子程序
    prog = QProg()
    prog << H(qubits[0]) << CNOT(qubits[0], qubits[1]) << Measure(qubits[0], cbits[0])
```

提交说明文档

重新上传

请上传.pdf格式说明文档，文件大小不超过50MB

main.pdf



2. 利用量子机器学习来完成图像分类

【行业背景】

图像分类作为计算机视觉的一个重要任务，对于自动化和人工智能领域具有重要意义。通过对图像进行分类，计算机可以自动地识别和理解图像中的内容，从而实现许多实际应用，比如自动驾驶、智能安防、医学图像分析等。

随着数字图像采集设备的普及和互联网的快速发展，每天都有大量的图像数据产生。因此，开发高效、准确的图像分类算法对于处理这些海量数据具有重要意义。在当前，量子计算利用量子力学的原理进行计算，能够在某些特定情况下实现比传统计算机更快速和更高效的计算。而超级计算则是利用并行计算和大规模计算资源来解决复杂的科学和工程问题。因此融合量子计算和超级计算可以更好地解决复杂的计算问题。这种融合可以通过将量子计算机作为超级计算机的协处理器来实现，也可以通过将量子计算的算法和技术应用到超级计算中来实现。

融合量子计算和超级计算的发展将会对科学研究、工程设计和金融等领域产生深远的影响，为人类解决更加复杂的问题提供更强大的计算能力。然而，目前这一领域的研究和发展还处于起步阶段，需要进一步的技术突破和应用探索。

【问题背景】

基于深度学习模型的分类方法因其强大的特征学习能力,逐渐成为解决图像分类问题的一种重要方法。量子机器学习是量子计算和机器学习相结合的全新研究领域，量子机器学习算法相对于在经典机器学习算法而言,不仅可以利用量子态的可叠加性,在不增加硬件的基础上实现并行计算,对完成同样功能的经典机器学习算法的二次甚至指数加速;此外可以将经典数据编码为量子数据,利用量子并行性进行存储,实现指数级节省存储硬件需求。其中，变分子线路是一种常用的量子机器学习算法。

变分子线路解决机器学习任务包含如下步骤：

- (1) 设计量子线路进行初态制备；
- (2) 设计一组由可优化的参数集合 θ 构成的量子线路 $U(\theta)$ ，一般可使用量子逻辑门构成；
- (3) 获取线路的某观测量 H 的测量值。例如初态为0的变分子线路可由下式表示： $f(\theta) = \langle 0 | U^\dagger(\theta) H U(\theta) | 0 \rangle$
- (4) 根据任务的目标构建损失函数进行优化。例如对于数据预测任务，若采用均方根误差(Mean Squared Error)作为损失,问题转化为找到最优的参数集合 θ 使得 $Loss(\theta)$ 最小: $\arg \min_{\theta} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (\hat{y}^n - f(\theta))^2$

【赛题设计】

具体任务

在本次挑战中，我们需要您建立一个图像类别预测模型来回答对于一幅给定的图像X，该图像中部分区域描述了一类物体，系统需要给出其具体属于哪种类别C，类别C取值可以是“猫”、“狗”等，或是“汽车”、“飞机”等，具体图像类别信息详见数据简介。

数据简介

目前在深度学习领域中图像分类常用的数据集之一为CIFAR10数据集，包含6万张带有标签的图像，涵盖了10个不同的类别：飞机、汽车、猫、狗等。本次比赛基于CIFAR10数据集，用于训练的图片总数约为5万张，测试集图片约有1万张。

重点关注

- (1) 本次挑战是基于混合量子经典神经网络的大规模图像分类任务，模型的训练和推理将由量子计算机和经典计算机共同支持实现。
- (2) 模型的构建必须使用到量子线路。算法文档中需要突出算法创新性，如果是参考前人工作，需要给出相关参考文献。其中量子计算部分的算法需要使用pyqnpanda设计量子线路,机器学习部分必须使用VQNet协助进行量子线路的参数优化。
- (3) 应该充分利用训练集的数据，合理划分数据并检验效果。
- (4) 选手需要保证结果复现的稳定性。选手需要在提交文档中详细阐述求解思路以及所用算法描述，需清楚分别注明量子计算和经典计算部分，并给出该算法在测试数据上的测试结果。
- (5) 要求设计线路需要有可扩展性，对不同的图像识别数据集具有较好的鲁棒性。

【评分标准】

该问题是探索性量子机器学习问题，重在探索量子部分在图像领域的建模设计方案，没有固定答案。大赛将根据选手设计的量子机器学习算法原理、代码实现复杂度以及测试集上性能指标综合评分，按以下两项进行评分，第一项占50分，第二项占50分，总分满分为100分。

- (1) 选手将所有代码归档到以“answer”命名的文件夹内。其中必须包含使用cifar10训练集数据，使用量子机器学习模型进行10分类训练任务的代码“train.py”，以及包含在cifar10测试集上进行模型验证，返回10分类准确率的代码“eval.py”，裁判根据“eval.py”中



本源溯知

学习

大赛

资源

教育产品

解决方案

本源量子云

Dytchem

退出

选手需要提供一份文档，包含算法的说明和方案设计，评委将根据文档并结合以下网项进行打分。

a.整个混合量子经典神经网络中，可以设计使用任何经典神经网络结构，变分子量子线路可以使用任意量子逻辑门，变分子量子线路和经典神经网络各自待训练的模型参数占比不得低于万分之一，否则视为无效。

b.量子线路深度和比特数的设计以及总参数量需要选手根据模型的可训练性综合去设计，在效果同等情况下，量子比特数和线路深度越少，总参规模越少，得分越高。

【提交说明】

(1) 选手将所有代码归档到以“answer”命名的文件夹内。其中必须包含使用cifar10训练集数据，使用量子机器学习模型进行10分类训练任务的代码“train.py”，以及包含在cifar10测试集上进行模型验证，返回10分类准确率的代码“eval.py”，同时提供对应的说明文档，文档要求必须要包含算法的说明和方案设计；

(2) 使用测试集数据或其他外部数据进行训练，预训练，微调，客观得分为0分；

(3) 本题量子线路最大量子比特数不超过20；

(4) 选手提供的获取测试集准确率的“eval.py”运行超过1小时，客观分将为0分；

(5) 选手可使用本地资源进行模型训练，保存训练代码“train.py”、测试代码“eval.py”以及已训练模型文件到在线环境中，并在“eval.py”中实现载入该模型进行测试集准确率计算的代码。

【环境配置要求】

pyqpanda最新版(3.8.3.4), vqnet最新版本 (>=2.11.0) , python3.8~3.10

提交代码

请在CloudIDE中进行作答，代码实时保存，可以进行多次编辑

启动CloudIDE

```
from pyqpanda import *

if __name__ == "__main__":
    qvm = CPUQVM()
    qvm.init_qvm()

    qvm.set_configuration(29, 29)
    qubits = qvm.qAlloc_many(4)
    cbits = qvm.cAlloc_many(4)

    # 构建量子程序
    prog = QProg()
    prog << H(qubits[0]) << CNOT(qubits[0], qubits[1]) << Measure(qubits[0], cbits[0])
```

提交说明文档

请上传.pdf格式说明文档，文件大小不超过50MB

选择文件

未上传任何文件

第4页 共4页

2024/5/23 23:30