Qiskit 秋のフェスト 2025

量子コンピューティングを使用したオプション価格

ミラ・ ⊗ ・クアンデラ ⊗ AMF コラボレーション

背景と動機

オプション価格設定は金融における重要な問題です。このプロンプトの目的は、量子ランダムウォークまたは量子機械学習 (QML) モデルを使用して、量子回路を使用してオプションの価格を設定する方法を調査することです。このプロンプトは、チームがこれらのトラックの 1 つを探索し、実用的なオプション価格モデルを作成するよう促します。

注:量子コンピューティングを初めて使用するが、ある程度のAIバックグラウンドを持っている参加者は、QML実装の方が親しみやすいと感じるかもしれません。

トラック 1 - 量子ランダム ウォーク

1.1. 説明

ブラックショールズ偏微分方程式(PDE)は、オプションの公正な価格を計算するのに役立つ金融の基本的な方程式です。株価自体は、一種のランダムウォーク(ブラウン運動)を経験しているとモデル化されることがよくあります。

ここでは、古典的なランダムウォークのようにすべての経路を1つずつシミュレートするのではなく、Black-Scholes偏微分方程式を離散化するための「量子ウォーク」を実装することを提案します。この手法は、量子力学を使用して将来の株価シナリオの可能性をすべて同時に調査することにより、オプションのペイオフの期待値を計算するはるかに高速な方法を提供します。

1.2. 目的

あなたのタスクは、量子回路を作成して、実用的なオプション価格モデルを生成することです。具体的には、目標は、ユーザーが一定の金利とボラティリティを持つBlack-Scholesモデルを使用してコールオプションとプットオプションの価格を計算または近似できる量子回路またはハイブリッド回路を提供することです。参加者は、量子ランダムウォークを使用して、オプションの価格を計算または概算する必要があります。

1.3. リソース

• ここから始めることをお勧めします。

o 量子情報の基礎:https://quantum.cloud.ibm.com/learning/en/courses/basics-of-quantum-information

o オプション価格のブラック・ショールズ・モデル: https://en.wikipedia.org/wiki/Black%E2%80%93Scholes\_model

• このプロジェクトに必要なもの:

o Qiskit を使用した量子ランダム ウォークに関する IBM チュートリアル (リンクは IBM の Sophy Shin によって提供されます。

チュートリアルを行いました):

• この素晴らしいプロジェクトと補完的なリソースを深く掘り下げます。

o 金融問題に対する量子ランダムウォークに関する最近の論文:

o フォトニック量子コンピューティングを使用した量子ランダムウォーク:

https://perceval.quandela.net/docs/v0.13/notebooks/Two-particle\_bosonic-fermionic\_quantum\_walk.html#Two-photons-quantum-walk

トラック 2 - 量子機械学習

2.1. 説明

確率的経路を直接シミュレートする量子ウォークとは異なり、量子機械学習は、過去のデータから将来のオプション価格の分布を学習することにより、代替方法を提供します。たとえば、量子貯留層コンピューティング (QRC) はハイブリッド モデルの一種です。このモデルでは、固定量子回路がデータから非線形特徴を抽出し、トレーニング可能な古典アルゴリズムにフィードします。

2.2. 目的

あなたのタスクは、量子機械学習 (QML) を使用してオプション価格モデルを生成することです。具体的には、プット・オプションとコール・オプションの価格を予測するためのQMLモデルを実装およびトレーニングすることが目標です。トレーニング データセットが参加者に提供され、QML モデルをトレーニングしてオプションの価格を設定します。テストデータセットは、公正でエキサイティングな評価のためにハッカソンの最後に提供されます。

2.3. リソース

• ここから始めることをお勧めします。

o 量子情報の基礎

o 財務予測のための AI に関するブログ記事

o Qiskitによる量子機械学習

• このプロジェクトに必要なもの:

o Qiskitを使用した量子貯蔵庫に関するIBMチュートリアル(リンクは、IBMのSophy Shinによって提供されます。

チュートリアル)

• この素晴らしいプロジェクトと補完的なリソースを深く掘り下げます。

o 財務予測のための量子貯蔵庫

o 重み付けネットワークの形態に関する研究

o 量子機械学習を用いた量子貯留層の実装

o 量子コンピューターへの機械学習の導入

両方のトラックでより深い質問

量子回路またはハイブリッド回路のオプション価格の適切な近似値を得るには、いくつの量子ビットと回路の深さが必要ですか?

量子ビットや量子ゲートを追加すると、回路の精度が向上しますか?

量子回路またはハイブリッド回路を実行するのにどのくらい時間がかかりますか?

量子回路またはハイブリッド回路にはいくつのパラメータがありますか?

量子回路またはハイブリッド回路は量子ノイズに耐性がありますか?

株価、行使価格、コールオプションとプットオプションの価値の間にはどのような関係がありますか?

提案されたプロジェクトの審査基準

1. 技術的側面

量子アルゴリズムはどのくらい複雑ですか?十分に最適化されていますか?アーキテクチャは妥当な規模でユーザーにサービスを提供できますか?

エンドユーザーアプリケーションへのアクセスはどの程度ですか?エンドユーザーにとって使いやすく、直感的ですか?

チームは、Qiskit SDK、Qiskit Runtime、またはQiskitエコシステムの他の部分の重要な部分を使用しましたか?量子アルゴリズムは現実的なハードウェア制約とノイズで実装できますか?チームは量子アルゴリズムを古典的なベンチマークと比較しましたか?チームは量子特性の創造的な使用を検討しましたか?

2. 独創性と独自性

このプロジェクトは他のプロジェクトと比較してどの程度ユニークですか?どれほど面白いですか?チームは何か新しいことや難しいことに挑戦しましたか?

3. 有用性と複雑さ

プロジェクトはどの程度有用で、どの程度うまく設計されていますか?審査時の機能はどの程度ですか?実際のビジネス アプリケーションで使用したり、個人にとって貴重なツールとして機能したりできますか?このプロジェクトをさらに構築し、改良する方法はありますか?

4. プレゼンテーション

チームはプロジェクトをどの程度うまく発表しましたか?彼らは自分たちの決定を説明することができたのでしょうか?チーム全員が発言する機会はありましたか?彼らはまとまりのある物語を語ったのでしょうか?