

Rafael Zimmer

Título do trabalho apenas com a primeira letra em maiúsculo, com exceção de nomes próprios e científicos (em itálico), sem ponto final

Orientador:

Prof. Dr. **OSWALDO LUIZ DO VALLE COSTA**

Tese apresentada para obtenção do título de Bacharel
em Ciências da Computação

**São Paulo
2024**

RESUMO

Título do trabalho apenas com a primeira letra em maiúsculo, com exceção de nomes próprios e científicos (em itálico), sem ponto final

O presente trabalho propõe uma técnica de modelagem para simuladores de mercado financeiro, especificamente das dinâmicas de livros de ordens limite. A utilização de simuladores se revela de extrema importância para testar estratégias de negociação sem depender de grandes volumes de dados históricos, especialmente para estratégias cujo impacto no estado do livro de ordens não é desprezível e também não é refletido ao se utilizar ordens históricas e estáticas.

O simulador a ser desenvolvido é fundamentado na teoria de modelos ocultos de Markov (*Hidden Markov Chains*, ou *HMC*, em inglês) para modelar o comportamento dinâmico do livro de ordens limite. Além disso, serão comparadas diferentes distribuições para os processos de chegada de ordens e suas intensidades, especificamente os Processos de Hawkes, Cadeias de Markov Autoregressivas e Modelos de Hawkes Dependentes do Estado. Por fim, a principal contribuição do trabalho introduzir o uso de algoritmos genéticos como técnica para aproximar as distribuições dos processos de chegada de ordens dependentes dos estados, utilizando-se estimativas por máxima verossimilhança para comparar com outras técnicas utilizadas na literatura.

A abordagem proposta visa melhorar a precisão das simulações e fornecer insights mais robustos sobre o comportamento do mercado financeiro em diferentes cenários. O uso de algoritmos evolutivos tem como objetivo contribuir no desenvolvimento e na melhor compreensão de modelos simuladores do mercado financeiro, assim como o desenvolvimento de estratégias de negociação mais eficientes e resilientes a diferentes regimes de mercado.

Palavras-chave: Hidden Markov Chains, Limit Order Book Modelling, High-Frequency Data, Neural Networks, Hawkes Processes

JEL: C45; C15; G17

1 INTRODUÇÃO

O livro de ordens limite é uma ferramenta essencial no mercado financeiro, fornecendo uma representação dinâmica das intenções de compra e venda de ativos financeiros em um determinado mercado. Em sua essência, o livro de ordens é uma lista de ordens de compra e venda de ativos, organizadas por preço e quantidade, onde cada entrada representa o desejo de um participante do mercado de comprar ou vender uma certa quantidade de ativos a um preço específico. As ordens limite são instruções dadas por traders para comprar ou vender um ativo a um preço específico ou melhor.

Os processos de chegada de ordens ao livro de ordens são fundamentais para compreender a dinâmica do mercado financeiro. Tradicionalmente, os modelos de chegada de ordens têm se baseado em distribuições estatísticas simples, como a distribuição de Poisson ou exponencial. No entanto, essas abordagens simplificadas muitas vezes não capturam completamente a complexidade dos padrões de chegada de ordens observados no mundo real.

Recentemente, houve um interesse crescente em modelar os processos de chegada de ordens usando processos pontuais autoexcitáveis, como os Processos de Hawkes. Esses processos permitem capturar a natureza autoexcitável e o clustering temporal observado nos dados de chegada de ordens, proporcionando uma representação mais realista do comportamento do mercado.

O mercado financeiro é caracterizado por diferentes regimes, que podem ser definidos como períodos de tempo em que as características do mercado, como volatilidade, liquidez e volume de negociação, exibem comportamentos distintos. Esses regimes podem ser influenciados por uma variedade de fatores, incluindo eventos econômicos, políticos e sazonais.

Uma abordagem promissora para modelar o livro de ordens e os processos de chegada de ordens em diferentes regimes é o uso de Hidden Markov Chains (HMC). As HMCs são modelos estatísticos que assumem a existência de estados ocultos, não observáveis diretamente, mas que podem ser inferidos a partir de observações visíveis. Nesse contexto, os diferentes estados do livro de ordens e as diferentes intensidades de chegada de ordens podem ser representados como estados ocultos da cadeia de Markov, permitindo modelar a transição entre diferentes regimes de mercado de forma dinâmica.

Além disso, os algoritmos genéticos têm se destacado como uma ferramenta poderosa para otimização e modelagem em uma variedade de domínios, incluindo finanças. Esses algoritmos podem ser aplicados para aproximar as possíveis distribuições dos processos de chegada de ordens, utilizando estimativas por máxima verossimilhança para ajustar os parâmetros do modelo aos dados históricos observados. Isso permite replicar as características estatísticas dos dados históricos no simulador, proporcionando uma base sólida para a geração de cenários realistas de mercado.

Em suma, este trabalho propõe uma abordagem inovadora para modelar e simular o livro de ordens limite e os processos de chegada de ordens no mercado financeiro, utilizando Hidden Markov Chains e algoritmos genéticos. Essa abordagem tem o potencial de melhorar significativamente a precisão das simulações e fornecer insights mais robustos sobre o comportamento do mercado em diferentes regimes, contribuindo assim para o desenvolvimento de estratégias de negociação mais eficientes e resilientes.

****Tema****

O livro de ordens limite é uma representação estruturada das intenções de compra e venda de ativos financeiros em um mercado. Nele, os participantes registram suas ordens de compra (com preço máximo que estão dispostos a pagar) e ordens de venda (com preço mínimo que estão dispostos a aceitar). As ordens limite são executadas somente quando o preço de mercado alcança o preço especificado na ordem. Esse mecanismo de negociação é fundamental para entender a dinâmica dos mercados financeiros e como as transações são realizadas.

Os processos de chegada de ordens referem-se à maneira como as ordens são enviadas ao mercado ao longo do tempo. Tradicionalmente, esses processos são modelados por distribuições de Poisson ou

exponenciais. No entanto, abordagens mais recentes têm considerado o uso de Processos de Hawkes, que capturam a natureza auto-excitável dos mercados financeiros, onde uma ordem pode desencadear a chegada de outras ordens em um processo de reação em cadeia.

Os mercados financeiros estão sujeitos a diferentes regimes, como períodos de alta volatilidade e períodos de baixa volatilidade. Esses regimes podem influenciar significativamente as dinâmicas do livro de ordens limite e a intensidade das chegadas de ordens. Portanto, é crucial modelar esses regimes para capturar a complexidade do mercado.

A utilização de Hidden Markov Chains (HMC) oferece uma abordagem poderosa para modelar os diferentes estados do livro de ordens limite, assim como as transições entre esses estados. Cada estado pode representar um regime financeiro específico, com diferentes características de comportamento do mercado. Além disso, as intensidades de chegada de ordens podem variar dependendo do estado do mercado, refletindo a volatilidade e a atividade de negociação.

Agora, introduzindo os algoritmos genéticos, podemos explorar sua aplicação para aproximar as possíveis distribuições dos processos de chegada de ordens. Os algoritmos genéticos são uma técnica de otimização inspirada no processo de seleção natural. Eles podem ser usados para encontrar os parâmetros que melhor se ajustam aos dados históricos, replicando as características estatísticas observadas. Isso permite a geração de cenários realistas no simulador, fornecendo uma base sólida para testar estratégias de negociação em diferentes condições de mercado.

Em resumo, o tema deste trabalho abrange a modelagem do livro de ordens limite, incluindo a representação dos processos de chegada de ordens, a consideração dos regimes financeiros e o uso de Hidden Markov Chains para capturar a complexidade do mercado. Além disso, discute-se a aplicação de algoritmos genéticos para aproximar as distribuições dos processos de chegada de ordens, visando melhorar a precisão e a relevância dos simuladores de mercado financeiro.

Referências