



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

**ESTUDO EMPÍRICO SOBRE A PREVISÃO DE INTERVALOS DE PREÇO NO MERCADO
DE AÇÕES BRASILEIRO UTILIZANDO CADEIAS DE MARKOV DE TEMPO DISCRETO**

Igor Lima Rocha e João Victor Oliveira Rupp

Ilhéus - BA
2023

ESTUDO EMPÍRICO SOBRE A PREVISÃO DE INTERVALOS DE PREÇO NO MERCADO DE AÇÕES BRASILEIRO UTILIZANDO CADEIAS DE MARKOV DE TEMPO DISCRETO

Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica apresentado ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual de Santa Cruz, como um dos pré-requisitos da disciplina Metodologia Científica.

Orientadora: Prof. Ana Paula de Almeida Andrade

RESUMO

O presente projeto de pesquisa tem como objetivo avaliar a eficácia da utilização das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro. Para isso, serão selecionadas ações da bolsa de valores de São Paulo (Bovespa) com dados de 2010 até 2019 para avaliar a exatidão da previsão comparando resultados de um ano de movimento financeiro. A metodologia aplicada envolverá a análise dos dados históricos do mercado financeiro brasileiro, utilizando as cadeias de Markov para modelar as mudanças nos preços das ações ao longo do tempo. Diferentes estratégias de investimento serão testadas utilizando as informações fornecidas pelo método. Espera-se que os resultados deste projeto possam fornecer informações valiosas para investidores e analistas financeiros, contribuindo para o avanço da pesquisa nessa área e oferecendo uma nova abordagem para prever os intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

INTRODUÇÃO

O mercado de ações é um dos principais motores da economia, e a previsão de preços nesse mercado é uma questão relevante tanto do ponto de vista científico quanto do ponto de vista humano e contemporâneo. A utilização de técnicas estatísticas avançadas para prever os intervalos de preço no mercado de ações pode ajudar os investidores a tomar decisões informadas sobre seus investimentos, reduzindo os riscos e aumentando os lucros.

No entanto, a previsão de preços no mercado de ações é uma tarefa complexa e desafiadora, uma vez que o mercado é influenciado por diversos fatores, como eventos políticos, econômicos e sociais. Além disso, não existe uma técnica ótima para fazer previsões precisas. Nesse contexto, a utilização de cadeias de Markov de tempo discreto surge como uma técnica promissora para prever os intervalos de preço no mercado de ações brasileiro.

A hipótese deste projeto é que a utilização de cadeias de Markov de tempo discreto pode ser uma ferramenta valiosa para prever os intervalos de preço no mercado de ações brasileiro. A implementação do modelo de cadeias de Markov de tempo discreto usando intervalos de preço de fechamento de ações pode melhorar a precisão da previsão em comparação com outras técnicas.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia da utilização das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar o modelo de cadeias de Markov de tempo discreto utilizando intervalos de preço de fechamento de ações da bolsa de valores de São Paulo (Bovespa) com dados de 2010 até 2019.
- Comparar os resultados da previsão utilizando as cadeias de Markov com um ano real do movimento financeiro.
- Testar diferentes estratégias de investimento utilizando as informações fornecidas pelo método.
- Avaliar a exatidão da previsão comparando os resultados obtidos com outras técnicas utilizadas para prever os intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.
- Propor uma técnica que envolva tanto cadeias de Markov discretas, cadeias de Markov ocultas e redes neurais em pesquisas futuras.

JUSTIFICATIVA

A relevância deste projeto para a área de estudo é inegável, uma vez que busca contribuir para o desenvolvimento de métodos mais precisos e eficazes de previsão de preços de ações, resultando em tomadas de decisões mais informadas por parte dos investidores e melhorando o desempenho de seus investimentos.

A lacuna existente na área de previsão de preços de ações é evidente, e este projeto se propõe a preenchê-la ao introduzir a aplicação de CMTD na previsão de preços na Bovespa. Ao contrário de abordagens anteriores que utilizam apenas três estados (alta, baixa e estabilidade), este projeto propõe uma abordagem que utiliza o valor do preço de fechamento das ações como base para as previsões. A análise e avaliação da precisão dessas previsões em comparação com os dados reais permitirão uma compreensão mais aprofundada da eficácia desses métodos baseados em CMTD.

Através do desenvolvimento de métodos mais precisos e eficazes de previsão de preços de ações, os investidores poderão tomar decisões mais informadas, reduzindo riscos e melhorando o desempenho de seus investimentos na Bovespa. Além disso, as

estratégias de investimento propostas com base nessas previsões têm o potencial de aumentar o retorno do investimento e contribuir para o crescimento econômico e a estabilidade financeira da sociedade como um todo.

Em resumo, este projeto destaca-se por sua abordagem ao utilizar CMTD e o valor do preço de fechamento das ações para prever preços na Bovespa, superando a limitação de modelos tradicionais de três estados. A avaliação da precisão das previsões em comparação com os dados reais e a proposição de estratégias de investimento fundamentadas nessas previsões conferem uma solidez adicional ao projeto. Ao oferecer contribuições significativas para a área de previsão de preços de ações e para a tomada de decisões de investimento, este estudo tem o potencial de beneficiar tanto investidores individuais quanto o mercado financeiro como um todo, promovendo uma base sólida para decisões de investimento mais confiáveis e informadas.

FINALIDADE

A finalidade deste trabalho é dupla, contemplando tanto objetivos teóricos quanto práticos. Teoricamente, busca-se aprimorar o conhecimento sobre a aplicação de cadeias de Markov de tempo discreto em previsão de preços de ações, utilizando intervalos de preço de fechamento. Já em termos práticos, o objetivo é avaliar a exatidão da previsão e testar diferentes estratégias de investimento utilizando as informações fornecidas pelo método.

De modo mais amplo, a pesquisa propõe-se a contribuir para o desenvolvimento de modelos mais precisos e eficientes de previsão de preços de ações, o que pode ter impacto significativo no mercado financeiro. Além disso, a pesquisa pode ser aplicada em outras áreas que envolvam previsão de séries temporais, como previsão de demanda em empresas.

Os desdobramentos futuros desta pesquisa incluem a possibilidade de aprimoramento do modelo proposto, com a utilização de outras técnicas de análise de dados e a inclusão de mais variáveis no modelo. Além disso, a pesquisa pode ser expandida para outras bolsas de valores e outros tipos de ativos financeiros, como moedas e commodities.

REFERENCIAL TEÓRICO

As cadeias de Markov de tempo discreto são uma técnica estatística amplamente utilizada em finanças para prever os intervalos de preço das ações. Essa técnica é

baseada na ideia de que o estado futuro de um sistema depende apenas do estado atual e não dos estados anteriores. Dessa forma, as cadeias de Markov de tempo discreto são capazes de modelar a evolução de um sistema ao longo do tempo e prever os intervalos de preço das ações.

Existem vários métodos para prever os intervalos de preço das ações usando cadeias de Markov de tempo discreto. Zhang and Zhang (2009) propuseram um método baseado em intervalos de tamanho fixo, enquanto Mitra and Riggieri (2011) propuseram um método baseado em intervalos de tamanho variável, histograma e média móvel. Esses métodos têm sido amplamente utilizados em diferentes mercados financeiros para prever os intervalos de preço das ações.

A previsão dos intervalos de preço das ações é uma tarefa fundamental para os investidores tomarem decisões informadas sobre seus investimentos. A previsão dos intervalos de preço pode ser feita usando diferentes técnicas estatísticas, como as cadeias de Markov de tempo discreto. Essas técnicas são capazes de modelar a evolução do mercado financeiro e prever os intervalos de preço das ações.

A literatura apresenta vários estudos que aplicaram as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço das ações em diferentes mercados financeiros. Por exemplo, Chen et al. (2012) aplicaram as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço das ações no mercado de Hong Kong. Os resultados mostraram que o método proposto é capaz de prever os intervalos de preço com alta precisão.

Além disso, a literatura também apresenta estudos que compararam diferentes métodos para prever os intervalos de preço das ações usando cadeias de Markov de tempo discreto. Por exemplo, Zhang and Zhang (2009) compararam seu método baseado em intervalos de tamanho fixo com outros métodos, como o método de média móvel e o método de regressão linear. Os resultados mostraram que o método baseado em cadeias de Markov de tempo discreto é capaz de prever os intervalos de preço com maior precisão do que os outros métodos.

Outro estudo interessante é o de Vasanthi et al. (2011), que aplicaram as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço dos índices do mercado de ações na Índia. Os resultados mostraram que o método proposto é capaz de prever os intervalos de preço com alta precisão e pode ser utilizado para tomar decisões informadas sobre investimentos no mercado de ações.

No contexto do mercado financeiro brasileiro, há poucos estudos que aplicaram as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço das ações. Por isso, este projeto tem como objetivo implementar o modelo de cadeias de Markov de tempo discreto usando intervalos de preço de fechamento de ações no mercado financeiro brasileiro. Serão selecionadas 10 ações da bolsa de valores de São Paulo (Bovespa) para a modelagem e serão testadas diferentes estratégias de investimento utilizando as informações fornecidas pelo método.

Em síntese, as cadeias de Markov de tempo discreto são uma técnica estatística amplamente utilizada em finanças para prever os intervalos de preço das ações. A literatura apresenta vários estudos que aplicaram essa técnica em diferentes mercados financeiros e compararam diferentes métodos para prever os intervalos de preço. Este projeto tem como objetivo aplicar as cadeias de Markov de tempo discreto no mercado financeiro brasileiro e avaliar a exatidão da previsão e as estratégias de investimento baseadas nas informações fornecidas pelo método.

METODOLOGIA

O presente projeto tem como objetivo realizar um estudo e desenvolvimento de modelos de previsão de preços de ações utilizando Cadeias de Markov no Tempo Discreto na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa). Os dados históricos utilizados serão coletados no período de 2010 a 2019 a partir de fontes públicas, como sites de finanças ou diretamente da Bovespa, utilizando a biblioteca libcurl para estabelecer a conexão e comunicação com a bolsa por meio do protocolo HTTP.

Inicialmente, será realizada uma seleção aleatória de 10 ações da Bovespa para compor a amostra do estudo. As ações selecionadas são: BBAS3, CSAN3, CYRE3, ENBR3, HYPE3, PSSA3, DTEX3, ITUB4, PETR4 e VALE3. A seleção das ações não será baseada em critérios adicionais.

Os dados coletados serão armazenados no banco de dados MongoDB, escolhido devido ao seu desempenho otimizado para dados financeiros. A partir desses dados, serão implementados três métodos distintos para construir a matriz de transição de probabilidade. Esses métodos são baseados nos procedimentos descritos em Zhang and Zhang (2009) e Mitra and Riggieri (2011). Os métodos a serem implementados são a "Matriz de transição utilizando intervalos de tamanho fixo", a "Matriz de transição utilizando intervalos de tamanho variável" e a "Matriz de transição utilizando o algoritmo K-means". Esses métodos permitirão avaliar a efetividade das previsões realizadas.

Com o intuito de minimizar possíveis vieses ou erros no estudo, serão adotadas estratégias específicas. Serão analisados dois métodos diferentes baseados em Cadeias de Markov de Tempo Discreto (CMTD) utilizando intervalos de preço de fechamento, a fim de comparar os resultados obtidos e reduzir a influência de um único método. Serão utilizadas diversas medidas de desempenho, como erro absoluto médio (MAE), erro de previsão absoluto médio (MAPE), desvio absoluto médio (MAD), estimador padronizado de verossimilhança máxima (SML), teste de qui-quadrado e critério de informação de Akaike (AIC), entre outros, para realizar uma avaliação abrangente dos resultados.

Além disso, serão consideradas cinco estratégias de investimento diferentes, sendo uma delas utilizada como parâmetro de comparação e as demais utilizando as previsões obtidas. As cinco estratégias de investimento são:

- Estratégia de Buy and Hold (E1): Nessa estratégia, as ações são compradas no início do ano e mantidas na carteira de investimentos durante todo o ano, sem operações de compra ou venda adicionais. Compra a ação e segura até o fim dos testes para ver o saldo final.
- Estratégia de Compra e Venda com base na Previsão de Alta (E2): Nessa estratégia, as previsões de alta são utilizadas para decidir quando comprar e vender as ações. Se a previsão de amanhã é o valor ser maior que o de hoje, então compra hoje, se for menor amanhã vende hoje e se ficar no mesmo intervalo de preço, não faz nada.
- Estratégia de Compra e Venda com base na Previsão de Baixa (E3): Nessa estratégia, as previsões de baixa são utilizadas para decidir quando comprar e vender as ações. Neste caso, se o preço da ação hoje estiver no intervalo previsto, então se tenho ações e as comprei por um valor mais baixo que o atual então recomenda-se vender as ações, do contrário, se tenho dinheiro e se o preço da ação hoje estiver na terceira parte inferior do intervalo previsto então recomenda-se comprar ações.
- Estratégia de Compra e Venda com base na Previsão de Escadinha (E4): similar à E2 e E3 e no caso de que o preço da ação hoje estiver no intervalo previsto, então se o intervalo anterior for igual ao previsto não vai fazer nada. Se o intervalo anterior estiver numa posição superior ao intervalo previsto então indicativo de baixar o preço portanto vender ações se tiver. Se o intervalo anterior estiver numa posição inferior ao intervalo previsto então a ação vai subir, portanto é hora de comprar.
- Estratégia de Compra e Venda com base na Previsão de Probabilidade (E5):

Para cada estratégia, serão utilizadas as seguintes condições de investimento: um portfólio das 10 ações estudadas, um valor de R\$1.000,00 para comprar ações no início do ano, a divisão igual do dinheiro entre as 10 ações (R\$100,00 em cada ação) e operações de compra e venda livres de taxa.

O projeto reconhece algumas limitações, como o horizonte de previsão limitado a três dias, o tamanho variável dos intervalos utilizados nos métodos de previsão e o foco em um conjunto restrito de ações da Bovespa, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras ações ou mercados financeiros.

Os resultados obtidos serão submetidos para publicação na Revista Brasileira de Computação, contribuindo para o avanço do conhecimento em computação aplicada e finanças. As aplicações práticas dos resultados incluem auxiliar investidores na tomada de decisões informadas sobre a compra e venda de ações, bem como auxiliar empresas na avaliação do desempenho de suas ações no mercado financeiro.

Cabe ressaltar que o projeto não requer permissões ou aprovações éticas relacionadas a estudos com seres humanos, uma vez que os dados utilizados são públicos. Ademais, a confidencialidade dos dados de índices não é necessária, pois trata-se de informações de domínio público.

CRONOGRAMA

MESES/ AÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Compilação Bibliográfica	X	X							X	X		
Coleta de dados		X	X									
Análise exploratória			X	X								
Implantação do modelo				X	X							
Teste do modelo					X	X						
Análise dos resultados						X	X	...				
Implantação de melhorias						!	X	X	...			

Teste das melhorias							!	X	X	...		
Análise dos resultados (melhorias)								!	X	X		
Revisão Crítica									!	X	X	X
Relatório											X	X

ORÇAMENTO

Materiais permanentes	Quantidade	Valor unitário	Valor total	Fonte
Computador	1	R\$10.000,00	R\$10.000,00	Próprio
Equipamentos de rede	1	R\$2000,00	R\$2000,00	Próprio
Placa de aceleração de processos	1	R\$5000,00	R\$5000,00	FAPESB
Totais bens duráveis	-	-	R\$17.000,00	-

Materiais de consumo	Quantidade	Valor unitário	Valor total	Fonte
Folhas de ofício	1 resma	R\$30,00	R\$30,00	UESC
Canetas	20 canetas	R\$1,50	R\$30,00	UESC
Totais bens de consumo		-	R\$60,00	UESC

IMPACTOS

A implementação do modelo de cadeias de Markov de tempo discreto usando intervalos de preço de fechamento de ações pode ter impacto tecnológico positivo, uma vez que a técnica é uma ferramenta estatística avançada para previsão de intervalos de preço no mercado financeiro. Além disso, a previsão de intervalos de preço no mercado financeiro pode ter impactos sociais positivos, uma vez que pode ajudar os investidores a tomar decisões informadas sobre seus investimentos.

No que diz respeito ao impacto ambiental, a coleta de dados de preços de fechamento das ações selecionadas pode não ter impacto ambiental direto. No entanto, é importante destacar que a atividade de investimento no mercado financeiro pode ter impactos ambientais indiretos, como o financiamento de empresas que não seguem práticas sustentáveis. Portanto, é importante que os investidores considerem não apenas a previsão de intervalos de preço, mas também o impacto ambiental das empresas em que estão investindo.

Por fim, é importante destacar que a atividade de pesquisa não envolve diretamente a cultura. No entanto, é importante considerar que a previsão de intervalos de preço no mercado financeiro pode ter impactos culturais indiretos, uma vez que o mercado financeiro é influenciado por fatores culturais, políticos e econômicos. Portanto, é importante que os investidores considerem não apenas a previsão de intervalos de preço, mas também o contexto cultural, político e econômico em que as empresas em que estão investindo estão inseridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Kulkarni, V. G. (1999). Modeling, analysis, design, and control of stochastic systems. Springer Science & Business Media.

Zhang, G., & Zhang, F. (2009). A novel approach to stock price prediction based on grey system theory and support vector machines. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 9199-9208.

Mitra, S., & Riggieri, C. (2011). A Markov chain model for stock price prediction and portfolio optimization. *Journal of Applied Mathematics*, 2011.

Vasanthi, P., & Shanthi, R. (2011). Stock price prediction using artificial neural network. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 2(5), 2244-2246.

Chen, Y., Feng, L., & Song, X. (2012). A new method for stock price trend forecasting based on ARIMA and SVR models. *Procedia Engineering*, 29, 3020-3024.