

Um Laboratório Virtual para Modelagem de Séries Financeiras e Gerenciamento de Risco

Autores: Isadora Rossetti Toledo, Marcos Antônio da Cunha Santos
isadorar@hotmail.com, msantos@est.ufmg.br
Departamento de Estatística / ICEX-UFMG

1 - Objetivos

A análise de séries históricas de cotações de ativos financeiros é um assunto de grande interesse e com vasta literatura. Um grande grupo de técnicas de análise utiliza modelos estatísticos, baseados em um conjunto de regras simples, como é o caso da análise gráfica, ou técnicas com um elevado grau de complexidade, como é o caso dos métodos que utilizam analogia com sistemas de partículas, cadeias de Markov, séries temporais, redes neurais e outros.

Um ponto de interesse é a verificação da adequação de algumas destes modelos ao comportamento de ativos reais. Neste trabalho propomos um estudo da adequação de modelos baseados em cadeias de Markov, com o desenvolvimento simultâneo de um ambiente computacional para este fim, com possibilidades de uso com outras técnicas. O ponto de partida foi a organização de um banco de dados de séries históricas financeiras de todos os ativos da bovespa. O ambiente computacional foi composto por programas implementados em ambiente Windows, na linguagem C/C++ e outros procedimentos desenvolvidos no ambiente do software R. O banco de dados foi composto das séries históricas, disponibilizadas ao público pela BM&F/Bovespa. Deste modo um software em C/C++ (LABI-FI) foi desenvolvido, concebido como um Laboratório Virtual para análise de séries financeiras e desenvolvido em forma modular. O objetivo principal é criação de um ambiente computacional para estudo de desempenho de testes estatísticos e adequação de modelos, a partir de um banco de dados reais. A característica modular deve permitir que técnicas sejam implementadas de modo independente, utilizando o mesmo banco de dados (por exemplo, as séries anuais de cotação de fechamento de todos os ativos disponibilizados pela BM&F/Bovespa).

2 – Descrição

Para melhor organização, este projeto foi desenvolvido em módulos independentes. Um módulo básico foi desenvolvido unicamente para a organização e manipulação do banco de dados das séries financeiras. Um segundo módulo permitirá a análise destas séries a partir de cálculos estatísticos básicos. Um dos módulos será baseado na modelagem das series via cadeias de Markov. Módulos adicionais deverão ser desenvolvidos para implementação de outras técnicas de modelagem, como modelos de séries temporais. Deste modo, o software permitirá a sua utilização como um laboratório virtual, composto por um conjunto de ferramentas e técnicas para inferência em processos estocásticos relacionados a séries financeiras.

Neste trabalho apresentamos as funcionalidades básicas do software desenvolvido e alguns resultados obtidos no estudo das séries, como análise de correlação e testes de permutação e um estudo para verificação da adequação das series pré-crise a um modelo baseado em cadeias de Markov.

Plano de Trabalho

ETAPA 1 – Organização de um banco de dados de séries financeiras a partir dos arquivos disponibilizados pela BM&FBovespa. Inicialmente o banco foi construído por séries históricas dos ativos dos papéis da bovespa. Além de cálculos com estas séries, será desenvolvido um conjunto de funcionalidades no software que deverão permitir ao usuário:

- manipulação das séries (extração de subconjuntos, filtragem dos dados, tipos de ativos e outros)
- desenvolvimento de interface C/C++ para visualização das séries, operação do banco de dados, exportação de arquivos para uso de outros programas e cálculos básicos.

ETAPA 2 – Módulo de Análise Básica (Módulo I) - Implementação de funções básicas para cálculo de modelos auxiliares na análise das séries, como modelos simples de regressão, relatórios com análise descritiva e outros cálculos de interesse.

ETAPA 3 – Módulos de Análise Avançada (Módulo II). Implementação de funções e métodos para o modelo de cadeia de Markov. Implementação de cálculo de matriz de transição estimada; testes para estimação da ordem da cadeia. Estudo de adequação do modelo. Implementação das técnicas estatísticas computacionais baseadas em permutações e *bootstrap*.

ETAPA 4 – Módulo de Simulação (Módulo III). Este módulo permitirá verificar o comportamento de ativos segundo os modelos estudados e efetuar comparações da capacidade de previsão dos modelos e testes estatísticos, o que poderá resultar em um interessante estudo de desempenho de alguns testes existentes na literatura quando aplicados a ativos reais.

3 - O Módulo Seleção de Portfólio e Gerenciamento de Risco baseado em Cadeias de Markov

Neste módulo implementamos alguns estudos para verificação da adequação de um modelo markoviano, baseado em técnicas utilizadas em estudos para seleção de portfólio¹. Por simplicidade adotamos inicialmente o retorno de um ativo, sem considerar dividendos ou juros sobre capital. O retorno de um portfólio durante um período $[t, t+1]$ é dado por

$$Z_{(x),t+1} = \sum_{i=1}^n x_i Z_{i,t+1} + x_0 Z_{0,t+1}$$

onde $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)'$ é o vetor de pesos dos ativos em um portfólio com n papéis. Suponha que o portfólio tenha um retorno bruto no suporte $(\min_k Z_{(x),k}; \max_k Z_{(x),k})$, onde $Z_{(x),k}$ é a k -ésima observação do portfólio $Z_{(x)}$. O suporte $(\min_k Z_{(x),k}; \max_k Z_{(x),k})$ é dividido em N intervalos $(a_{(x),i}; a_{(x),i+1})$, onde

$$a_{(x),i} = \left(\frac{\max_k Z_{(x),k}}{\min_k Z_{(x),k}} \right)^{\frac{i}{N}} \min_k Z_{(x),k}, \quad i = 0, 1, \dots, N.$$

Por simplicidade assumamos que o estado de retorno, em um intervalo $(a_{(x),i}; a_{(x),i+1})$, é dado pela média geométrica dos extremos $Z_{(x)}^i = \sqrt{a_{(x),i} a_{(x),i+1}}$. Desta forma a série de retorno de um portfólio é convertida em uma série com N estados discretos, em um período de n observações (tipicamente 20 dias ou mais). O próximo passo desta abordagem é a estimação dos parâmetros de um modelo de cadeia de Markov, com espaço de estados $E=\{1, \dots, N\}$, distribuição inicial $\boldsymbol{\pi}$ e matriz de transição \mathbf{P} .

Uma questão de interesse neste trabalho foi verificar a adequação deste modelo markoviano a alguns ativos do Ibovespa na época pré-crise. Um procedimento automatizado foi implementado no software de modo a permitir a escolha do usuário dos papéis e pesos. Em seguida é feita a verificação da adequação ao modelo de Cadeia de Markov de ordem 1 ou superior. Uma comparação dos modelos de CM de diferentes ordens é efetuado através da estimativa dos parâmetros do modelo e análises via *BIC* e *AIC*.

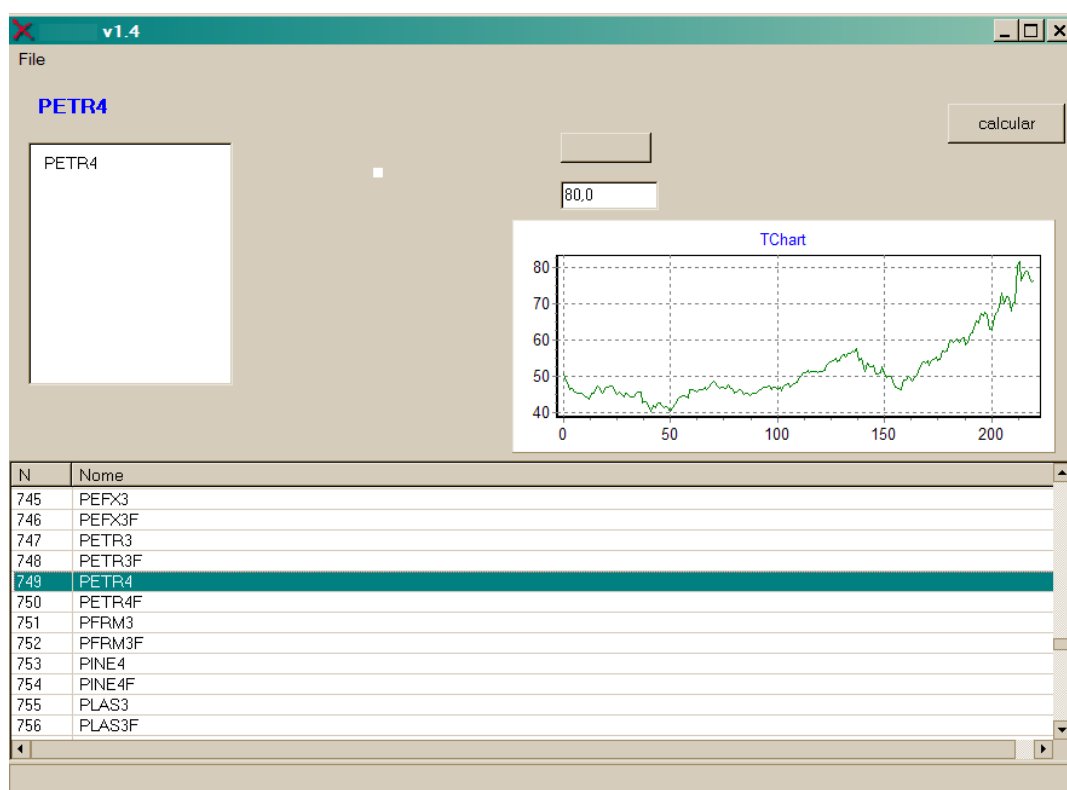


Figura 1 – Screenshot da interface principal do “LABI-FI”, software em desenvolvimento para estudos de adequação de modelos estocásticos a séries financeiras. No exemplo, a série histórica da cotação de fechamento diário das ações da Petrobrás (PETR4), no período pré-crise.

Deste modo uma teste para algumas estratégias propostas para seleção de portfólio foi desenvolvido, visando verificar a adequação do método a conjuntos de ativos do iBovespa.

Este módulo foi o início da implementação de técnicas que permitirão, em trabalhos de continuidade, utilização do software para estudos do desempenho de testes estatísticos e implementação de técnicas de simulações para otimização e formação de portfólios, como é o caso de métodos de otimização baseados em Monte Carlo e Cadeias de Markov (MCMC).

4 – Referências

1. A. Leccadito, S. O. Lozza, E. Russo, (2007) *Portfolio Selection and Risk Management with Markov Chains*, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 6, 115-123.
2. Ruey S. Tsay (2005), *Analysis of Financial Time Series*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc.

5 - Agradecimentos

Este trabalho contou com recursos da FUNDEP-UFMG, através de bolsa de iniciação científica SANTANDER e apoio da FAPEMIG.