

Algotrading

Aula 06

Raul Ikeda
2º semestre de 2025

Insper



Esta Aula

- Diebold-Mariano Test
- Monte Carlo Simulation
- Regime Detection

Diebold-Mariano Test

Conceito: teste estatístico para comparar a capacidade preditiva de dois modelos/estratégias de trading.

Objetivo: determinar se existe diferença estatisticamente significativa no desempenho entre duas estratégias.

Aplicação em Trading:

- Comparar estratégia vs benchmark
- Validar se uma estratégia supera outra
- Evitar conclusões baseadas apenas em luck

Hipóteses:

- H_0 : Não há diferença significativa entre os modelos
- H_1 : Existe diferença significativa entre os modelos

Referência: Diebold, F. X., & Mariano, R. S. (1995). *Comparing predictive accuracy*. Journal of Business & Economic Statistics, 13(3), 253-263.

Diebold-Mariano Test - Fórmula

Estatística DM:

$$DM = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\hat{\gamma}_0/T}}$$

Onde:

- $d_t = L(e_{1,t}) - L(e_{2,t})$ (diferença de loss functions)
- $\bar{d} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_t$ (média das diferenças)
- $\hat{\gamma}_0$ = variância de longo prazo de d_t
- T = número de observações

Loss Functions comuns:

- Squared Error: $L(e_t) = e_t^2$
- Absolute Error: $L(e_t) = |e_t|$
- Asymmetric Loss Functions

Distribuição: sob H_0 , $DM \sim N(0,1)$ para amostras grandes

Aplicação em Trading: Harvey, C. R., & Liu, Y. (2015). *Backtesting*. The Journal of Portfolio Management, 42(1), 13-28.

Monte Carlo Simulation

Conceito: técnica computacional que usa amostragem aleatória para analisar a robustez de estratégias de trading.

Aplicações em Trading:

- Teste de robustez estatística
- Análise de distribuição de retornos
- Estimativa de risco e drawdown
- Validação de backtesting results

Vantagens:

- Permite analisar milhares de cenários
- Identifica distribuições de métricas de performance
- Reduz dependência de sequência histórica específica
- Quantifica incerteza nas estimativas

Referência: Glasserman, P. (2003). *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*. Springer-Verlag.

Monte Carlo - Geometric Brownian Motion (GBM)

Simulação de preços usando GBM:

$$S_{t+1} = S_t \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} \epsilon_t \right)$$

Onde:

- S_t : preço no tempo t
- μ : drift (retorno esperado)
- σ : volatilidade
- ϵ_t : ruído gaussiano $N(0,1)$
- Δt : intervalo de tempo

Processo:

1. Estimar μ e σ dos dados históricos
2. Gerar N simulações de preços
3. Aplicar estratégia em cada simulação
4. Analisar distribuição dos resultados

Monte Carlo - Bootstrap

Bootstrap de Retornos:

1. **Coleta:** histórico de retornos da estratégia
2. **Reamostragem:** sampling with replacement
3. **Reconstrução:** nova série temporal de retornos
4. **Análise:** aplicar métricas na nova série

Bootstrap de Trades:

1. **Coleta:** histórico de trades individuais
2. **Reamostragem:** embaralhar ordem dos trades
3. **Reconstrução:** nova sequência temporal
4. **Análise:** calcular métricas de performance

Vantagens do Bootstrap:

- Preserva distribuição empírica dos dados
- Não assume distribuição específica
- Mantém características dos retornos reais

Referência: Efron, B. (1979). *Bootstrap methods: another look at the jackknife*. The Annals of Statistics, 7(1), 1-26.

Regime Detection

Conceito: identificação de diferentes estados de mercado (regimes) onde a dinâmica dos preços se comporta de forma distinta.

Tipos de Regimes:

- **Trending:** mercado com tendência clara (alta ou baixa)
- **Mean-reverting:** mercado oscilando em torno de média
- **Volatile:** mercado com alta volatilidade sem direção clara
- **Quiet:** mercado com baixa volatilidade e movimento

Importância:

- Estratégias podem performar diferentemente em cada regime
- Permite ajuste dinâmico de parâmetros
- Melhora gestão de risco

Referência: Hamilton, J. D. (1989). *A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle*. *Econometrica*, 57(2), 357-384.

Hurst Exponent

Definição: medida estatística que quantifica a tendência de uma série temporal de apresentar clustering (agrupamento) e persistência.

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(n)}$$

Onde R/S é a estatística rescaled range e n é o número de observações.

Interpretação:

- **H = 0.5:** movimento browniano (random walk)
- **H > 0.5:** persistência (trending behavior)
- **H < 0.5:** anti-persistência (mean reversion)

Aplicação em Trading:

- $H > 0.5 \rightarrow$ favorece estratégias momentum
- $H < 0.5 \rightarrow$ favorece estratégias mean reversion
- Permite regime switching entre estratégias

Referência: Hurst, H. E. (1951). *Long-term storage capacity of reservoirs*. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116(1), 770-799.

Cálculo do Hurst Exponent

Algoritmo R/S (Rescaled Range):

1. **Calcular retornos:** $r_i = \log(P_i/P_{i-1})$

2. **Para janela de tamanho n:**

- Calcular média: $\bar{r}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$
- Desvios acumulados: $Y_i = \sum_{j=1}^i (r_j - \bar{r}_n)$
- Range: $R_n = \max(Y_i) - \min(Y_i)$
- Desvio padrão: $S_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r}_n)^2}$

3. **Estatística R/S:** $\frac{R_n}{S_n}$

4. **Regressão:** $\log(R/S) = H \cdot \log(n) + c$

Implementação: calcular para diferentes valores de n e fazer regressão linear.

Referência R/S Analysis: Kleinow, T. (2002). *Testing Continuous Time Models in Financial Markets*.
<https://doi.org/10.18452/14770>

Implementação Prática

Diebold-Mariano Test:

- Comparar retornos de duas estratégias
- Calcular estatística DM
- Interpretar p-value para significância

Monte Carlo Simulation:

- Simular 1000+ cenários de preços (GBM)
- Bootstrap de trades/retornos
- Analisar distribuição de métricas

Hurst Exponent:

- Calcular H em janelas rolantes
- Identificar mudanças de regime
- Ajustar estratégias dinamicamente

Material

Jupyter Notebook no Blackboard

Referências Bibliográficas

Diebold-Mariano Test:

- Diebold, F. X., & Mariano, R. S. (1995). *Comparing predictive accuracy*. Journal of Business & Economic Statistics, 13(3), 253-263.
- Harvey, C. R., & Liu, Y. (2015). *Backtesting*. The Journal of Portfolio Management, 42(1), 13-28.

Monte Carlo Simulation:

- Glasserman, P. (2003). *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*. Springer-Verlag.

Bootstrap:

- Efron, B. (1979). *Bootstrap methods: another look at the jackknife*. The Annals of Statistics, 7(1), 1-26.

Regime Detection:

- Hamilton, J. D. (1989). *A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle*. Econometrica, 57(2), 357-384.

Hurst Exponent:

- Hurst, H. E. (1951). *Long-term storage capacity of reservoirs*. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116(1), 770-799.
- Kleinow, T. (2002). *Testing Continuous Time Models in Financial Markets*.
<https://doi.org/10.18452/14770>

Próxima aula

- Event-driven Systems
- Backtrader Library