

# Analiza vremenskih nizova zasnovana na kompleksnim mrežama

Diplomski rad

---

Lovre Mrčela

18. srpnja 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

1. Uvod
2. Statistička arbitraža
3. Tok preferencija
4. Praktični dio
5. Zaključak

# Uvod

---

- optimizacija portfelja
- unaprjeđenje postojećih metoda **statističke arbitraže**
- modeliranje *interakcija vrijednosnica* korištenjem **kompleksnih mreža**

## Teorem

*Ako je u trenutku 0 vrijednost portfelja  $V(0) = 0$ , tada je u nearbitražnim okolnostima vjerojatnost  $\mathbf{P}(V(t) > 0) = 0$  za  $t > 0$ .*

# Koeficijent obrtaja

- *mjera promjenljivosti portfelja*
- u rasponu  $[0, 2]$
- portfelj s  $N$  vrijednosnica  $\boldsymbol{\alpha} = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \cdots \quad \alpha_N]$
- **koeficijent obrtaja**  $\eta^{(t)}$ :

$$\eta^{(t)} = \sum_{i=1}^N \left| \alpha_i^{(t)} - \alpha_i^{(t-1)} \right|$$

- *veći koeficijent obrtaja — veći troškovi trgovanja*

# Statistička arbitraža

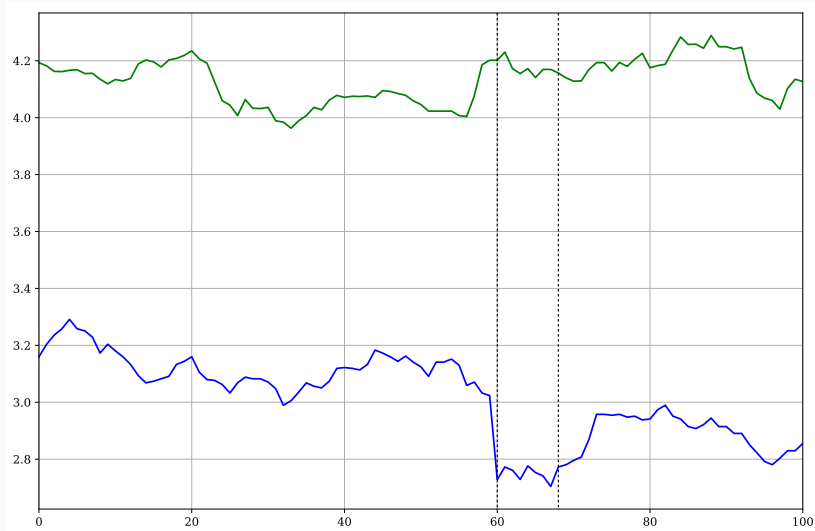
---

Okvir postupka statističke arbitraže:

1. identificirati parove vrijednosnica čije cijene se *slično ponašaju*
2. među tim parovima izdvojiti one kod kojih je utvrđeno *statistički značajno odstupanje*
3. svaki izdvojeni par *uvrstiti u portfelj*, odnosno zauzeti *kratku* i *dugu* poziciju; jednom kada odstupanje prestane, *zatvoriti otvorene pozicije*

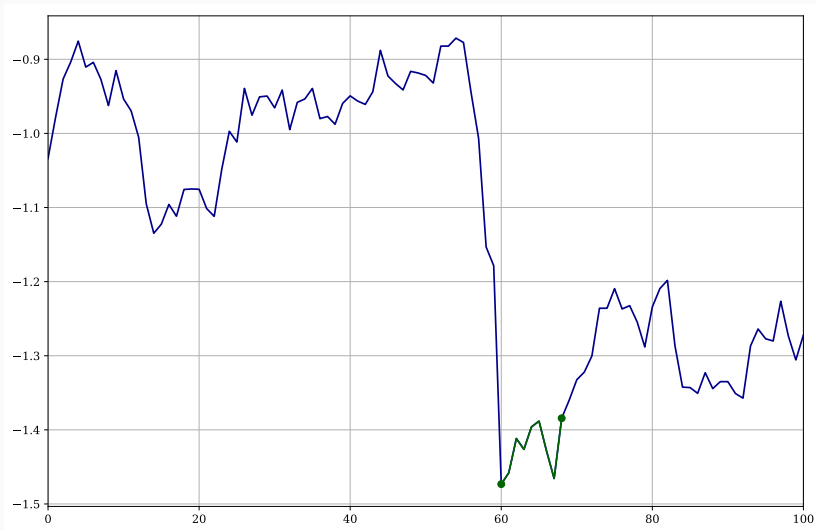


# Metoda



Kretanje cijena dviju vrijednosnica.

# Metoda



Razlika cijena istih dviju vrijednosnica.

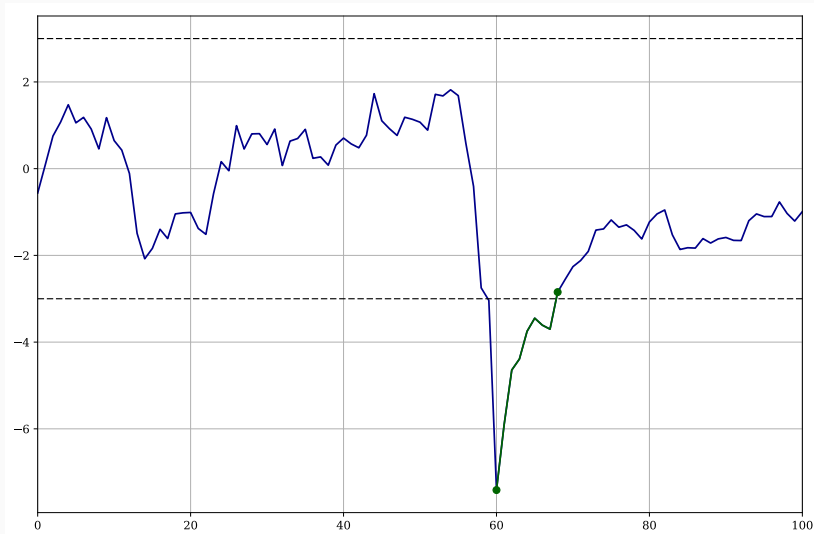
$c_{i,j}$  — razlika logaritamskih cijena vrijednosnica  $i$  i  $j$

$$m_{i,j}^{(t)} = \frac{1}{T} \sum_{\tau=t-T}^{t-1} c_{i,j}^{(\tau)}$$

$$d_{i,j}^{(t)} = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{\tau=t-T}^{t-1} \left( c_{i,j}^{(\tau)} - m_{i,j}^{(t)} \right)^2}$$

$$\Gamma_{X,Y}^{(t)} = \frac{c_{X,Y}^{(t)} - m_{X,Y}^{(t)}}{d_{X,Y}^{(t)}}$$

# Signal trgovanja



Signal trgovanja dobiven iz istih dviju vrijednosnica.

- preciznost rijetko kada **iznad 60%**, u većini slučajeva **manja od 50%**
- trgovanje u parovima, zahtijeva mogućnost zauzimanja **kratke pozicije**
- velika promjenljivost portfelja, **visoki troškovi trgovanja**

Tok preferencija

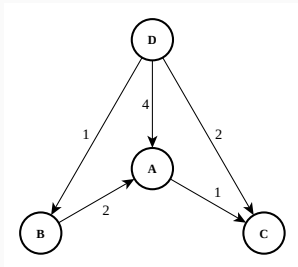
---

- **binarna relacija:**  $a \succ b$  —  $a$  je više preferirano od  $b$
- *indiferentnost u izboru:*  $a \sim b$  —  $a$  nije usporedivo s  $b$
- *ljudski način uspoređivanja dobara*
- *irefleksivna, asimetrična, tranzitivna, i tranzitivna po indiferentnosti*

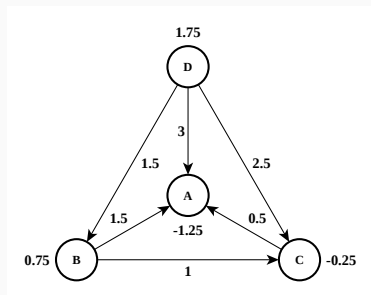
- **relacija preferencije** ne definira *poredak* dobara, nema *intenzitete* preferencije
- **graf toka preferencija** uvodi *intenzitete* preferencije, modelira *interakciju* vrijednosnica
- pomoćna struktura
- ne mora biti **konzistentan**



# Graf toka preferencija



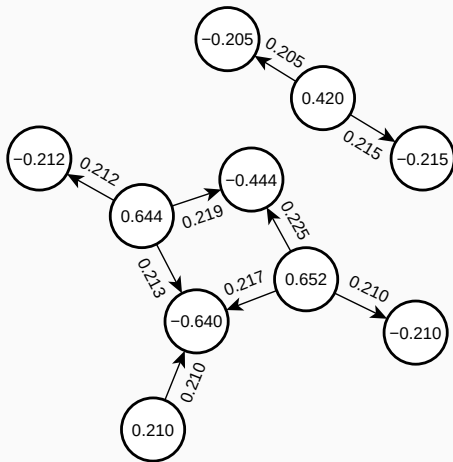
Nekonzistentan graf.



Konzistentan graf.

- ni **graf toka preferencija** ne definira *poredak* dobara
- **metoda potencijala** definira *poredak* dobara na temelju grafa, i daje **mjeru konzistentnosti** grafa, u rasponu  $[0, 1]$
- **mjera konzistentnosti** opisuje koliko je odluka donesena na temelju grafa *pouzdana*

# Metoda potencijala



Rezultat korištenja metode potencijala.

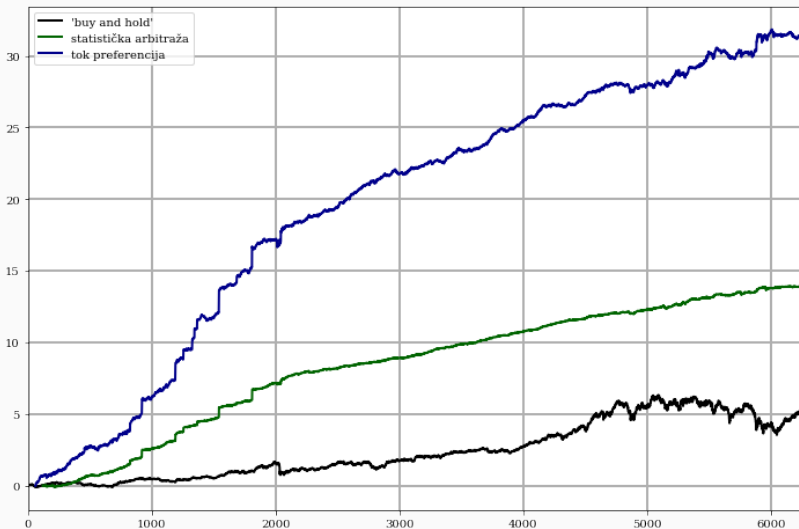
1. pomoću *metode statističke arbitraže* dobiju se *opisi toka preferencija* u grafu
2. iz *grafa toka preferencija* korištenjem *metode potencijala* određuje se poredak vrijednosnica *prema preferenciji*
3. u vrijednosnicama s **najvećom** preferencijom zauzima se **duga** pozicija, a u onima s **najmanjom** kratka (ako je to dopušteno)

## Praktični dio

---

- *Python* (*NumPy, pandas, SciPy, Matplotlib*)
- *Jupyter bilježnica*
- *open source* alati
- metoda statističke arbitraže i metoda potencijala
- skripte za simuliranje trgovanja

# Rezultati simulacija - S&P 203



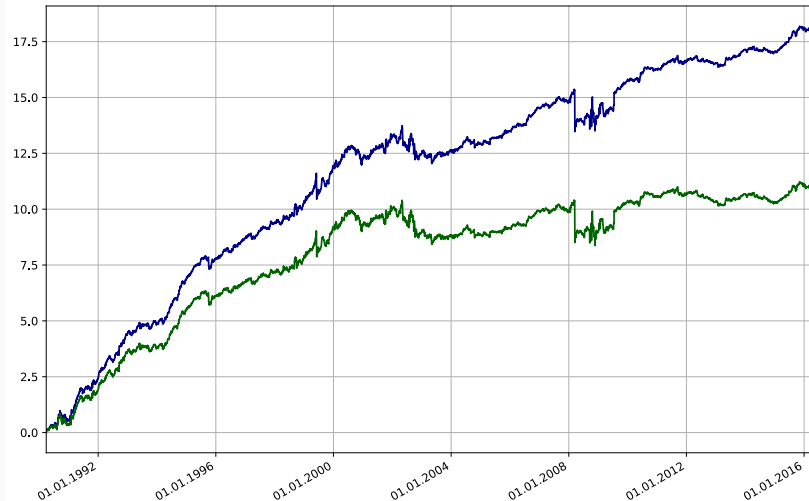
Rezultati simulacije na podskupu od 203 dionice iz S&P 500.

Rezultati simulacije na podskupu od 203 dionice iz S&P 500.

Metoda	'Buy & Hold'	Statistička arbitraža	Tok preferencija
Godišnji povrat	0.07622	0.63033	<b>1.28000</b>
Volatilnost	<b>0.15069</b>	0.33532	0.78373
Sharpeov omjer	0.50582	<b>1.87981</b>	1.63322
Prosječni turnover	/	1.473211	<b>0.55112</b>
Profit uz troškove trgovanja 0.10%	5.49572	-2.74051	24.66204



# Rezultati simulacija - S&P 500



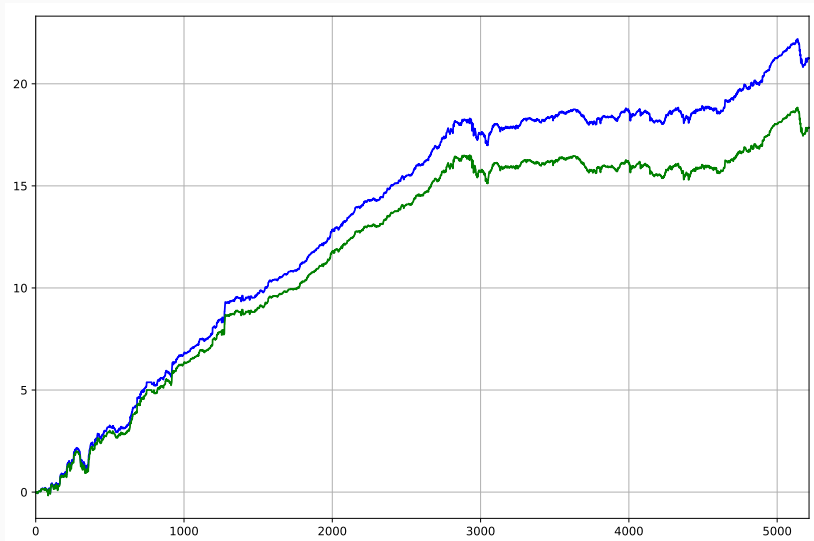
Rezultati simulacije na punom skupu dionica iz S&P 500.

# Rezultati simulacija - S&P 500

Rezultati simulacije na punom skupu dionica iz S&P 500.

Rezultati:	
bez troškova trgovanja:	
ukupni profit	18.09261
Sharpeov omjer	0.87507
uz uključene troškove trgovanja od 0.10%:	
ukupni profit	11.03961
Sharpeov omjer	0.53382
prosječni koeficijent obrtaja	1.04088
prosječna konzistentnost	0.55817
prosječna preciznost	0.52642

# Rezultati simulacija - CROBEX



Rezultati simulacije na punom skupu dionica iz CROBEX-a.

# Rezultati simulacija - CROBEX

Rezultati simulacije na punom skupu dionica iz CROBEX-a.

Rezultati:	
bez troškova trgovanja:	
ukupni profit	24.32031
Sharpeov omjer	2.16176
uz uključene troškove trgovanja od 0.10%:	
ukupni profit	20.77131
Sharpeov omjer	1.84749
prosječni koeficijent obrtaja	0.68041
prosječna konzistentnost	0.81656
prosječna preciznost	0.43558

# Zaključak

---

- **poboljšanje** postojećih metoda statističke arbitraže
- algoritam radi **bolje** što je **više** vrijednosnica na raspolaganju
- algoritam radi **dobro** i uz isključenu mogućnost *kratke pozicije*
- **nije otporan** na *fundamentalni rizik*

Pitanja?