



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS INSTITUTAS

Didelio dažnio kompiuterizuotų prekybos strategijų inžinerija finansinėse rinkose

2 metų doktorantūros studijų ir mokslinių tyrimų ataskaita

Doktorantas: Mantas Vaitonis

Darbo vadovas: Doc. Dr. Saulius Masteika

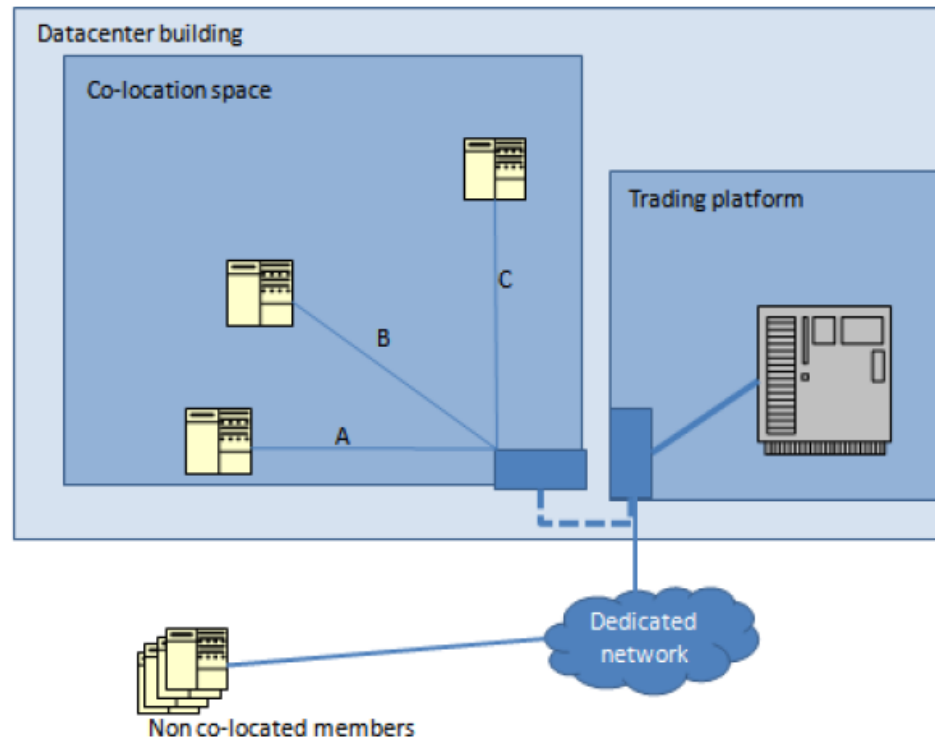
Publikacijos iki doktorantūros

- Driaunys K., Masteika S., Sakalauskas V., Vaitonis M. An algorithm-based statistical arbitrage high frequency trading system to forecast prices of natural gas futures. Transformations in bussines and economics. 2014, Volume 13, No. 3, psl. 96–109, ISSN 1648-4460.
- Vaitonis M. Statistinio arbitražo strategijų taikymo gamtinių dujų rinkose tyrimas. 11-oji Prof. Vlodo Gronsko mokslinė magistrantų ir doktorantų konferencija „Ūkio plėtra: teorija ir praktika“. 2014, psl. 213 – 220, ISBN 978-609-459-444-1.
- Vaitonis M. Porų prekybos strategijų taikymo gamtinių dujų rinkose tyrimas. Informacinės technologijos 2015. XX tarptautinė magistrantų ir doktorantų konferencija. 2015, psl. 117 – 121, ISSN 2029-249X.
- Masteika S., Vaitonis M. Quantitative Research in High Frequency Trading for Natural Gas Futures Market. Business Information Systems.2015, vol. 208, ISSN 1865-1348.

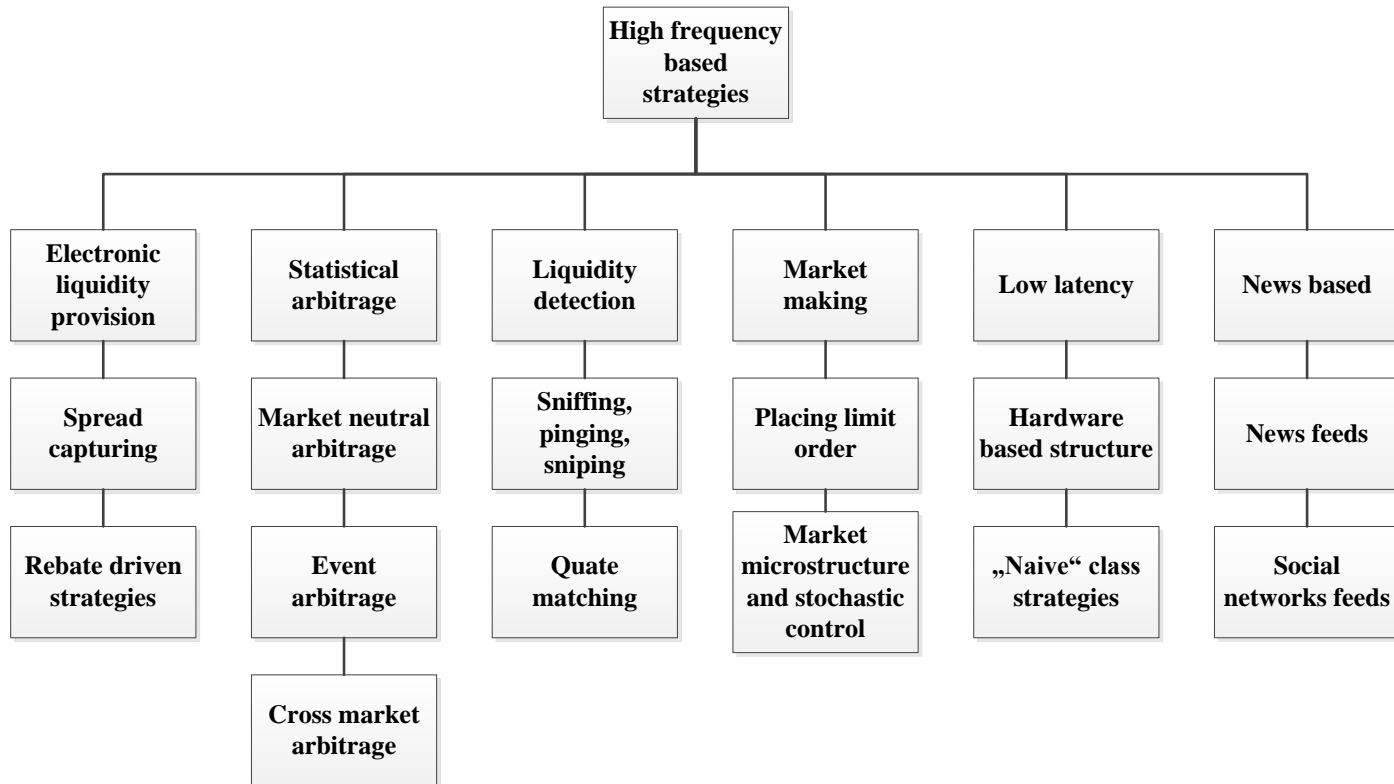
Planas

	Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
1	<p>Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje):</p> <p>1.1. Didelio dažnio prekybos šaltiniai, jų mokslas ir raida</p> <p>1.2. Didelio dažnio prekybinių sandorių taikymas finansų inžinerijoje</p> <p>1.3. Didelio dažnio prekybos strategijų klasifikacija</p> <p>1.4. Informacijos sistemų inžinerija ir taikymas didelio dažnio prekybos strategijoms</p> <p>1.5. Didelio dažnio prekybos technologiniai sprendimai</p>	2015 m. spalio mėn. – 2016 m. rugsėjo mėn	Atlikta
2	<p>Mokslinio tyrimo vykdymas:</p> <p>2.1. Tyrimo metodikos parengimas:</p> <p>2.1.1 Didelio dažnio prekybos strategijų sudarymo metodika</p> <p>2.1.2. Didelio dažnio kompiuterizuotų prekybos strategijų testavimo metodika</p> <p>2.1.3 Didelio dažnio prekybos strategijų techninių ir programinių specifikacijų sudarymo metodika</p> <p>2.2. Teorinis tyrimas:</p> <p>2.2.1. Didelio dažnio prekybos strategijų parinkimas ir kintamųjų identifikavimas</p> <p>2.2.2. Didelio dažnio prekybos strategijų formalizavimas, bei prekybinių algoritmų sudarymas</p> <p>2.2.3 Formalizuotų prekybos strategijų taikymas finansų inžinerijoje ir jų diegimas vertybinių popierių rinkose</p> <p>2.3. Empirinis tyrimas:</p> <p>2.3.1. Didelio dažnio prekybos strategijų efektyvumo tyrimas</p> <p>2.3.2 Lygiagrečių skaičiavimų bei didelio našumo kompiuterinių technologijų taikymo tyrimas didelio dažnio prekyboje</p>	<p>2016 m. spalio mėn. – 2016 m. lapkričio mėn.</p> <p>2016 m. gruodžio mėn. – 2017 m. rugsėjo mėn.</p> <p>2017 m. spalio mėn. – 2018 m. gegužės mėn.</p>	<p>Atlikta</p> <p>Atlikta</p> <p>Pradėta</p>

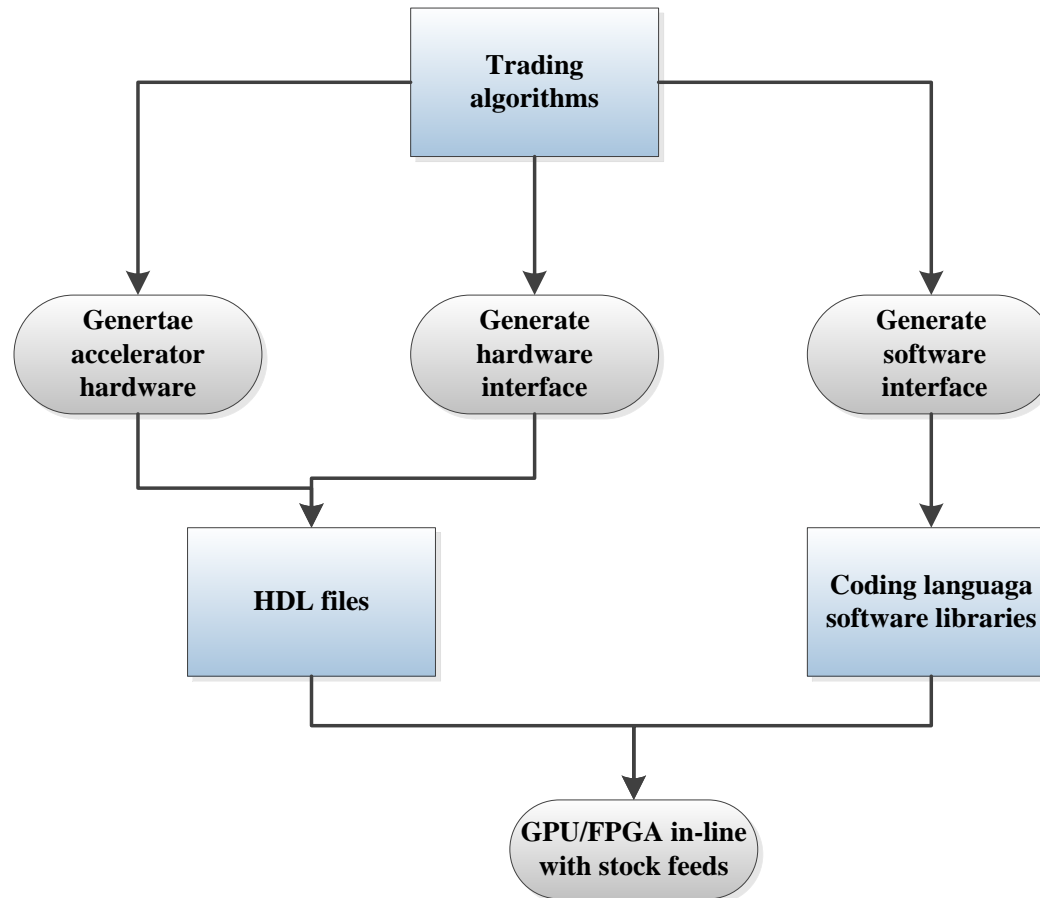
Prekybos platformų vietos parinkimas



Didelio dažnio prekybos strategijos



Algoritmo perkėlimas į GPU



2015–2017 m. m. išlaikyti egzaminai

Dalyko pavadinimas	Kreditų skaičius	Numatyta atsiskaitymo data	Įvykusio egzamino data	Įvertinimas
Informatikos ir informatikos inžinerijos tyrimo metodai ir metodika	9	2016-06-09	2016-06-09	7
Informacijos poreikių specifikuojimas	7	2016-09-27	2016-09-27	9
Duomenų analizės strategijos ir sprendimų priėmimas	7	2016-12-05	2016-12-05	8
Žiniomis grindžiama kompiuterizuota informacijos sistemų inžinerija	7	2017-03-14	2016-12-05	9

Dalyvavimas konferencijose 2015–2017 m. m.

- 2015-12-03 – 2015-12-05 7-oje mokslinėje konferencijoje „Duomenų analizės metodai programų sistemoms“, Druskininkuose, pristatytas stendinis pranešimas „High frequency statistical arbitrage strategy engineering and algorithm for pairs trading selection“.
- 2016-10-13 – 2016-10-15 22-oje „Tarptautinėje informacijos ir programų technologijų konferencijoje“, Druskininkuose, skaitytas pranešimas „Research in high frequency trading and pairs selection algorithm with Baltic region stocks“.
- 2016-12-01 – 2016-12-03 8-oje mokslinėje konferencijoje „Duomenų analizės metodai programų sistemoms“, Druskininkuose, pristatytas stendinis pranešimas „Computerized high frequency trading of nanoseconds in futures market“.
- 2017-10-12 – 2017-10-14 ICIST 2017 Druskininkai 23-oje „Tarptautinėje informacijos ir programų technologijų konferencijoje“, Druskininkuose, skaitytas pranešimas „Statistical Arbitrage Trading Strategy in Commodity Futures Market with the Use of Nanoseconds Historical Data“.

Publikacijos 2015–2017 m. m

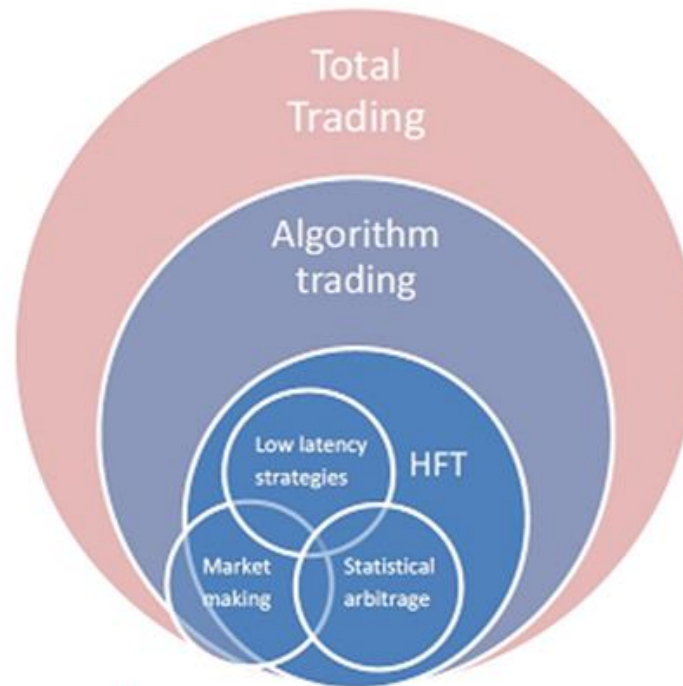
- Masteika S., Vaitonis M., Quantitative Research in High Frequency Trading for Natural Gas Futures Market, Business Information Systems Workshops, Springer International Publishing, 228, 29-35, 2015 m.
- Vaitonis M., Masteika S. (2015). High frequency statistical arbitrage strategy engineering and algorithm for pairs trading selection. 7th International Workshop on Data Analysis Methods for Software Systems [abstracts book], Druskininkai, Lithuania, December 3-5, 2015. ISBN 978-9986-680-58-1. p. 51.
- Vaitonis M., Masteika S. (2016). Research in high frequency trading and pairs selection algorithm with Baltic region stocks. Information and Software Technologies. 22nd International Conference, ICIST 2016, Druskininkai, Lithuania, October 13-15, 2016, Proceedings. ISBN 978-3-319-46254-7, p.p. 208 – 217.
- Vaitonis M., (2017). Pairs Trading Using HFT in OMX Baltic Market. *Baltic J. Modern Computing*, Vol. 5(2017), No. 1, 37-49
- Vaitonis M., Masteika S. (2017) „Statistical Arbitrage Trading Strategy in Commodity Futures Market with the Use of Nanoseconds Historical Data“, Information and Software Technologies: 23rd International Conference, ICIST 2017, Druskininkai, Lithuania, October 12–14, 2017, Proceedings. R. Damaševičius and V. Mikašytė (Eds.): ICIST 2017, CCIS 756, pp. 303–313, ISBN 978-3-319-67642-5
- Pateiktas straipsnis Vaitonis M., Masteika S., „Experimental comparison of high frequency pair trading strategies using microsecond and nanosecond future commodity contracts“, *Journal of Universal Computer Science*.

Pedagoginė praktika

Studijų metai	Studijų modulis	Studijų pakopa, kursas	Valandos		
			Paskaitų	Pratybų	Iš viso
2016	Finansinių rinkų analizė	VI(F)3	1		1
2017	XML inžinerija	VI, VI(FI)3	32	16	48
2017	Kompiuterių architektūra	ISKS7	32	16	48

Tyrimo objektas

- Didelio dažnio duomenys elektroninėse finansų biržose



Source: AFM

Tyrimo tikslas

- Sukurti didelio dažnio likvidumą didinančių prekybos strategijų elektroninėse finansų biržose apdorojimo metodą, taikant didelės apimties skaičiavimus, leidžiančius apdoroti duomenis mikro/nanosekundžių tikslumu.

Tyrimo uždaviniai

- Apžvelgti didelio dažnio duomenų algoritimes strategijas, didelio dažnio duomenų apdorojimo metodus, jų įrankius bei technologijas.
- Sukurti ir iširti didelio dažnio duomenimis paremtų algoritminių strategijų elektroninėse finansų biržose apdorojimo metodą, dirbantį su didelės apimties duomenimis.
- Sukurti algoritminių strategijų apdorojimo prototipą, integruojant pasiūlytą metodą, skirtą didelio dažnio ir apimties duomenų elektroninėse finansų biržose apdorojimui.

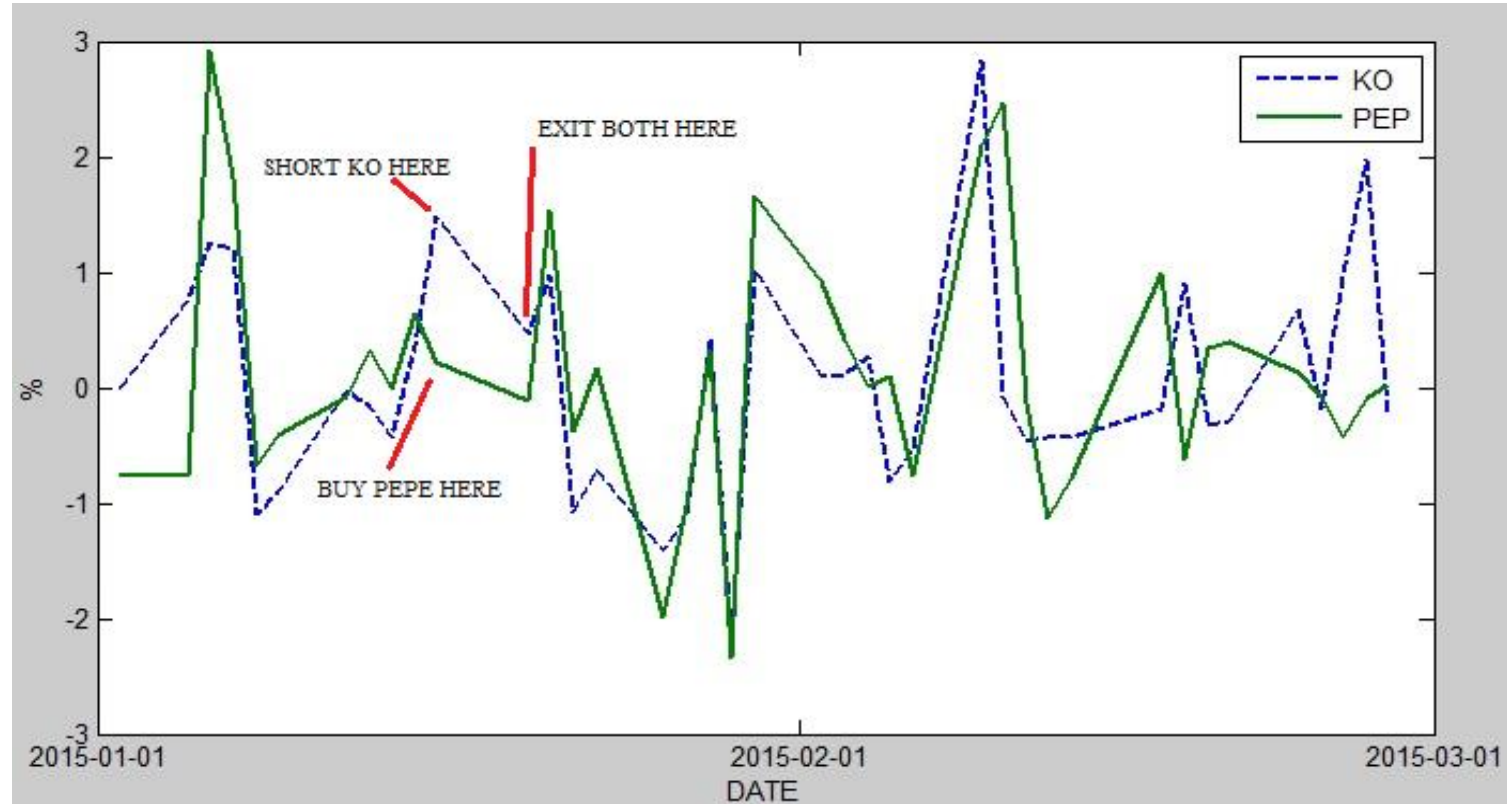
Planuojami rezultatai

- Didelio dažnio ir apimties duomenimis paremtų algoritminių strategijų elektroninėse finansų biržose apdorojimo metodas ir jo prototipas.

Mokslinių tyrimų planas

- Atlikti didelio dažnio kompiuterizuotų prekybos strategijų ir metodų analitinę apžvalgą.
- Nustatyti mokslines problemas, kylančias uždaviniuose, susijusiuose su didelio dažnio prekybos strategijom ir jų inžinerija.

Atlikti tyrimai: didelio dažnio porų prekyba



Porų prekybos strategijų metodologija

- Selection of the size of the window trading and data normalization;
- Data normalization;
- Selection of correlated pair;
- Defining the trading rules;
- Trading;
- Assessment of the pair trading strategy.

Duomenys naudoti tyrimui

- NANOTICK pateikė mikrosekundinius ir nanosekundinius duomenis apie 5 ateities sandorius (NG, BZ, CL, HO, RB)
- Duomenys pateikti laikotarpiu nuo 2015-08-01 iki 2015-08-31. Po normalizacijos milisekundiniai duomenys susidėjo iš 24957994 duomenų eilučių ir nanosekundiniai iš 287872500.

AMG1L	APG1L	CTS1L	GRD1R	GZE1R	KNF1L	SFG1T	TVEAT	LDJ1L	LES1L	OEG1T	OLF1R	ITAL1T	TEO1L	Date	Time
0.927	2.770	1.720	6.950	9.400	0.411	1.120	13.900	0.680	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:53:58.640
0.927	2.770	1.720	6.950	9.400	0.411	1.120	13.900	0.680	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:53:58.670
0.927	2.770	1.720	6.950	9.400	0.411	1.120	13.900	0.680	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:54:17.437
0.927	2.770	1.720	6.950	9.400	0.411	1.120	13.900	0.680	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:54:17.450
0.927	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:54:17.513
0.927	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.000	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:54:17.530
0.927	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.010	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:56:49.607
0.927	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.010	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:56:49.733
0.927	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.010	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:59:12.607
0.925	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.010	1.920	6.100	0.840	1.050	2015-03-04	15:59:16.310
0.925	2.740	1.730	6.950	9.400	0.400	1.120	14.100	0.710	1.010	1.920	6.100	0.841	1.050	2015-03-04	15:59:16.343

Duomenų normalizavimas

- Akcijų kainas reikia normalizuoti tam kad būtų galima lyginti skirtingų akcijų skirtingas kainas tarpusavyje ir ieškoti koreliacijos.
- $$p(i, t) = \frac{P(i, t) - \mu(i, t)}{\sigma(i, t)}$$

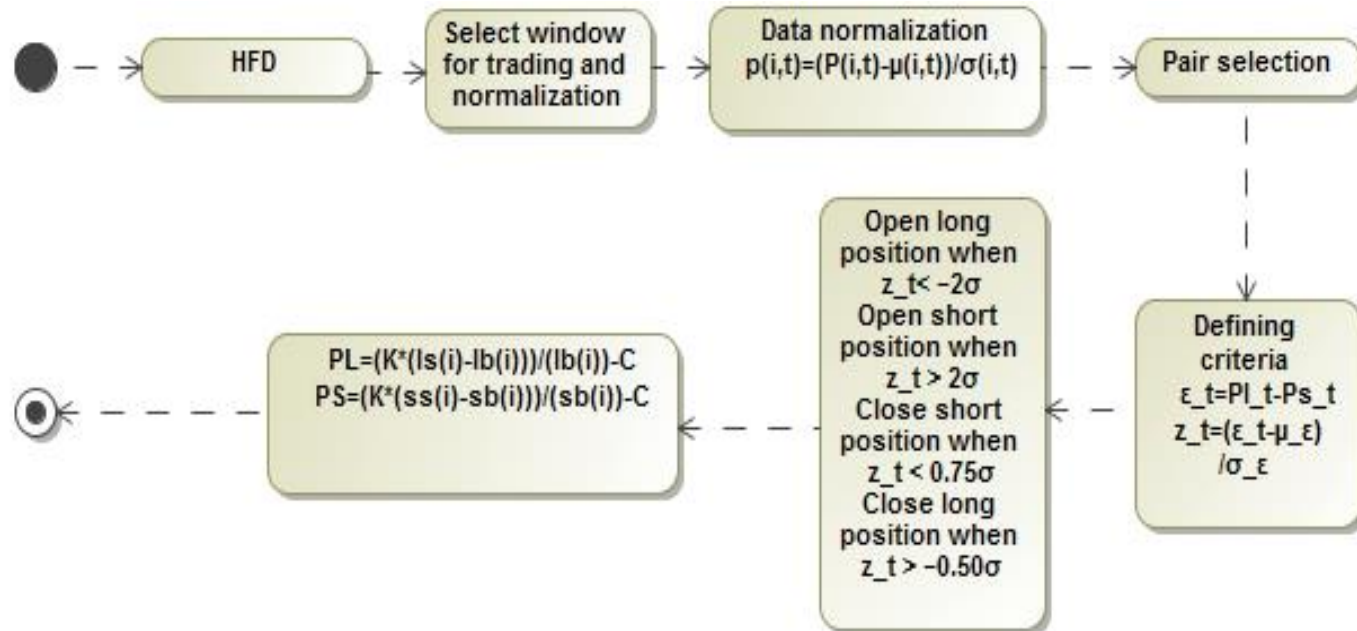
Porų parinkimas

- Atstumų metodas naudojant mažiausias kvadratų metodą
- $Qdist(i,j)=(x(i)-x(j))^2$
- $N=\min(Qdist)$
- Kointegracijos metodas:
- Augmented Dickey Fuller Test (ADF)
- Engle and Grangers 2-step approach
- Johansen test

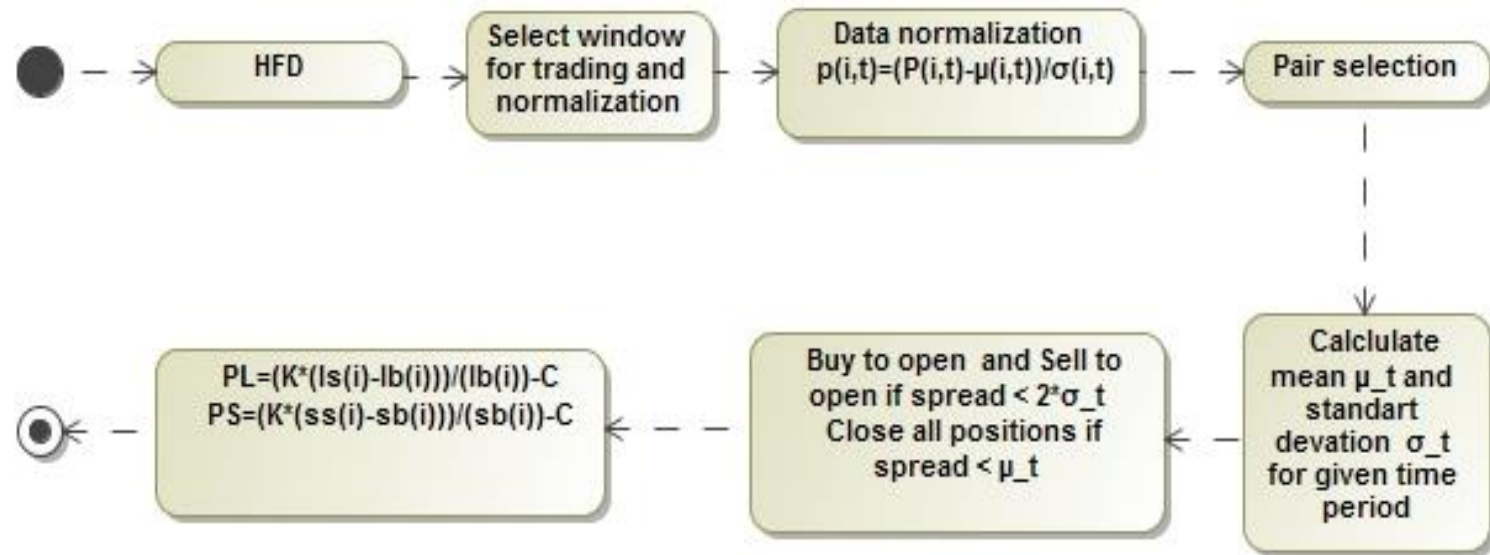
Naudotos strategijos

- Perlin, M. **Evaluation of Pairs Trading Strategy at Brazilian Financial Market.** Journal of Derivatives & Hedge Funds. 2009, Volume 15.
- Caldeira J. F., Moura G. V. **Selection of a portfolio of pairs based on cointegration: A statistical arbitrage strategy.** Revista Brasileira de Financas. 2013, Volume 11, No. 1.
- Herlemont D. **Pairs Trading, Convergence Trading, Cointegration.** Quantitative Finance. 2013, Volume 12, No. 9.

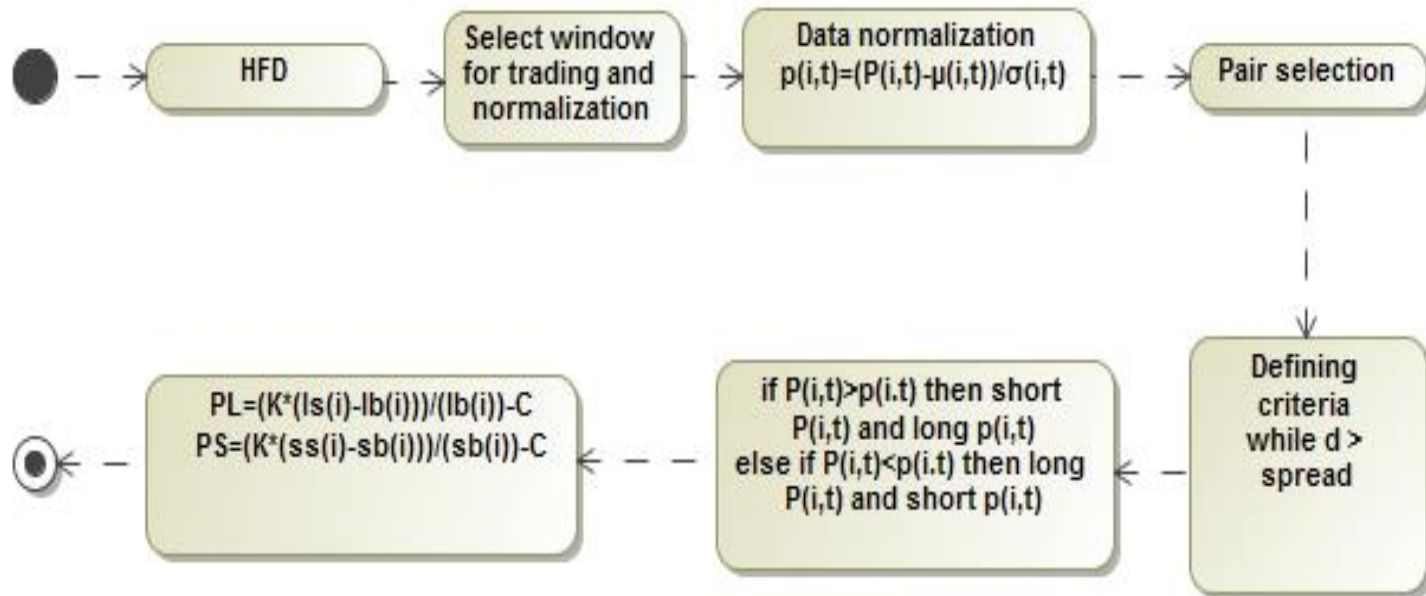
J. F. Caldeira and G. V. Moura



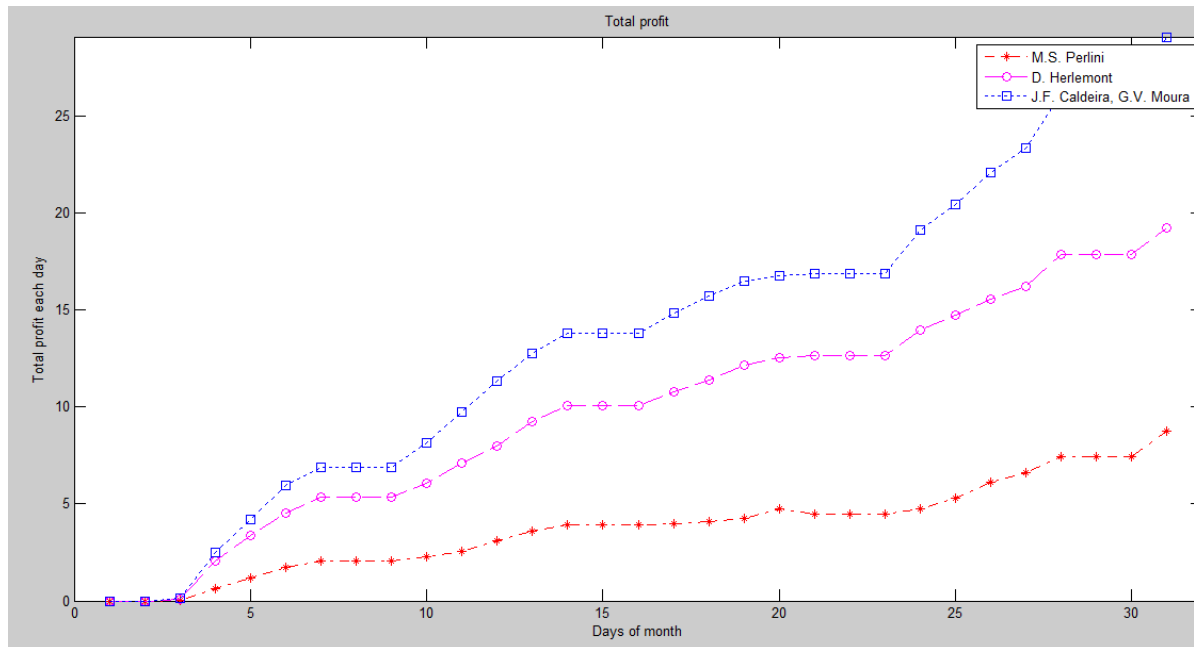
M. S. Perlini



D. Herlemonts



Visų strategijų pelningumas tyrimo metu



Rezultatai

	M. S. Perlini	D. Herlemont	Caldeira ir Moura
Profit with nanosecond data	8,74%	19,27%	29,11%
Number of total trades	9878627	5869860	18051372
Profit with microsecond data	4,01%	3,39%	4,75%
Number of total trades	1491576	2135360	2538979

Rezultatai

	Sharpe ration of M. S. Perlini strategy	Sharpe ration of D. Herlemont strategy	Sharpe ration of Caldeira and Moura strategy
When using microsecond information	1,3380	1,4240	1,7651
When using nanosecond information	1,3144	2,6388	2,0442

2017–2018 m. m. darbo planas

- **Mokslinių tyrimų planas:**
- Didelio dažnio algoritminių strategijų ir didelio dažnio duomenų apdorojimo metodų apžvalgos papildymas, atsižvelgiant į įrankius ir technologijas, leidžiančias apdoroti didelio dažnio duomenis.
- Tyrimo metodikos sudarymas.
- Didelio dažnio algoritminių strategijų ir didelio dažnio duomenų apdorojimo metodų ir technologijų palyginimas, skirtų apdoroti didelio dažnio duomenis.

2017–2018 m. m. darbo planas

- **Rezultatų pristatymo planas:**
- Dalyvavimas nacionalinėje arba tarptautinėje mokslinėje konferencijoje

- **Mokslinių publikacijų planas:**
- Atlikti tyrimus su gautais iš Nanotick kompanijos nanosekundiniais duomenimis ir paruošti straipsnį.

Ačiū už dėmesį