

## HODNOCENÍ VEDOUCÍHO DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Autor/Autorka:** Martina Kůsová  
**Název práce:** Modelling and prediction of data in limit order books  
**Studijní obor:** Matematika a finanční studia  
**Vedoucí práce:** Ing. Jan Pospíšil, Ph.D. (KMA)

---

### Splnění cílů práce:

- nadstandardně
- velmi dobře
- splněny
- s výhradami
- nebyly splněny

### Odborný přínos práce:

- nové výsledky
- netradiční postupy
- zpracování výsledků z různých zdrojů
- shrnutí výsledků z různých zdrojů
- bez přínosu

### Matematická (odborná) úroveň:

- vynikající
- velmi dobrá
- průměrná
- podprůměrná
- nevyhovující

### Věcné chyby:

- téměř žádné
- vzhledem k rozsahu přiměřený počet
- méně podstatné, větší množství
- podstatnější, větší množství
- závažné

### Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající
- velmi dobrá
- průměrná
- podprůměrná
- nevyhovující

### Přístup autora k řešení práce, spolupráce s vedoucím práce:

- samostatná práce s výbornou komunikací
  - pečlivá práce, drobné zásahy vedoucího
  - pečlivá práce, podstatnější zásahy
  - horší komunikace
  - špatný přístup k práci
- 

### Slovní hodnocení a dotazy:

Práce se zabývá dynamikou v knihách limitních objednávek (LOB, z angl. limit order books), pomocí kterých se v současné době řídí většina finančních trhů. Vytváření (resp. zpětná rekonstrukce) knihy objednávek z jednotlivých limitních příkazů je popsáno deterministickým algoritmem, který je v práci představen a naimplementován v prostředí MATLABu. Ze základních charakteristik dynamiky LOB je speciální pozornost věnována tvorbě ceny a dynamice tzv. indexu nerovnováhy (imbalance index). Stav indexu nerovnováhy LOB a stav pohybu forwardových cen je modelován společně jako dvojrozměrný Markovův řetězec se spojitým časem (CTMC, z angl. continuous-time Markov chain). Práce obsahuje i popis možné algoritmické obchodní strategie. Autorka pracuje s reálnými LOB daty pro futures kontrakty na dluhopisy německé vlády (FGBL, tzv. Euro-Bund futures)<sup>1</sup>.

Diplomová práce má standardní strukturu. V kapitole 2 jsou popsány základní termíny, v kapitole 3 metodologie, tj. popis algoritmu konstrukce LOB a popis CTMC modelu a v kapitole 4 výsledky. Mezi hlavní přínosy DP považují:

1. vypořádání se se zpracováním velkých vysokofrekvenčních LOB dat včetně implementace algoritmu pro rekonstrukci LOB,
2. výběr CTMC modelu a jeho implementace včetně všech vizualizací,
3. vlastní empirické výsledky.

---

<sup>1</sup><https://www.eurex.com/ex-en/markets/int/fix/government-bonds/Euro-Bund-Futures-137298>

Po matematické stránce práce vychází ze znalostí magisterského stupně studia, dosud probíranou látku rozšiřuje. Autorka samostatně pracovala s více zdroji, zvolený CTMC model je převzatý z diplomové práce Rubisov (2015) z University of Toronto. Je vhodné podotknout, že přestože implementace CTMC modelu vychází z ukázkových příkladů uvedených v rozšířené dokumentaci MATLABu<sup>2</sup>, jejich použití na vlastní zrekonstruovaná LOB data pro FGBL nebylo zdaleka triviální a uvedené ilustrační příklady pracují pouze s malou množinou předzpracovaných (není uvedeno jak) LOB dat.

Z pohledu samostatné práce bych chtěl ocenit netriviální úsilí, které slečna Kůsová věnovala rekonstrukci LOB. Přestože vlastní implementace zdaleka není optimální a nemůže např. co do rychlosti konkurovat existujícím komerčním řešením, které často vytváření velké programátorské týmy, studentka se dle mého názoru se zpracováním velkých vysokofrekvenčních LOB dat vypořádala velmi uspokojivě.

Jako vedoucí práce oceňuji zejména samostatnost s výbornou komunikací, zájem o danou problematiku a poctivou aktivitu a průběžné plnění dílčích úkolů. Zpracováním předložené diplomové práce nastavila budoucí absolventka svoji lačku na truhu práce velmi vysoko. Jsem přesvědčen, že Martina Kůsová má ale i velmi dobré předpoklady pro úspěšné pokračování ve výzkumné činnosti v rámci doktorského studia ideálně zaměřeného na oblast matematických financí.

Kvalifikační diplomovou práci hodnotím známkou **výborně** a **doporučuji práci k obhajobě**.

#### REFERENCE

RUBISOV, A. (2015), Statistical arbitrage using limit order book imbalance. Master's thesis, University of Toronto, URL <https://hdl.handle.net/1807/70567>.

---

**Datum, jméno a podpis:**

8.6.2023, Ing. Jan Pospíšil. Ph.D.

---

<sup>2</sup><https://www.mathworks.com/help/finance/machine-learning-for-statistical-arbitrage-ii-feature-engineering-model-development.html>