

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică**  
**Departamentul Ingineria Software și Automatică**

**Admis la susținere**  
**Șef departament:**  
**FIODOROV Ion dr., conf.univ.**

-----  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024

# **Modele de arbitraj într-o bursă descentralizată cu piețe automate care rulează pe lanțul Binance**

## **Proiect de master**

**Student:** \_\_\_\_\_ **Panin Alexei, TI-221M**

**Coordonator:** \_\_\_\_\_ **Corlat Andrei, doctor in științe fizico-matematice, conferențiar universitar.**

**Consultant:** \_\_\_\_\_ **Cojocarua Svetlana, asist.univ.**

**Chișinău, 2024**

## REZUMAT

Creșterea cererii pe piața cripto-valutare a generat spațiu pentru linii de business care se bazează pe reglarea diferențelor de curs a cripto-monedelor pe diferite platforme. Aceasta lucrare descrie modelul general de arbitraj între platformele de schimb cripto-valutar.

Lucrarea este structurată în 7 capitole. Capitolul 1 începe cu o prezentare a definițiilor esențiale utilizate în contextul științific al proiectului. La fel, se prezintă o introducere succintă în lumea tehnologiei blockchain, iar mediul cripto este detaliat, incluzând enumerarea platformelor de schimb cripto-valutar de referință. Scopul fundamental al cercetării este conturat pentru a oferi un cadru conceptual înțelesului global al lucrării.

Capitolul 2 reprezintă inima lucrării, oferind o descriere detaliată a modelului matematic care stă la baza calculului de profit și pierdere pentru modelul de business propus. Acest model servește drept fundament al întregii implementări a sistemului informatic, subliniind importanța sa critică în contextul cercetării.

În Capitolul 3, se detaliază funcționarea efectivă a modelului de business, evidențiind actorii funcționali, declanșatorii tranzacțiilor, beneficiarii sistemului și avantajele aduse platformelor de schimb valutar în cadrul universului cripto.

Capitolul 4 aduce în prim-plan aspecte cheie ale cercetării, precum principiile contractelor de tip smart, noțiuni esențiale cum ar fi exchange router contract, market, tokens și perechi valutare. Sunt explorate și aspecte comportamentale ale sistemului, oferind o imagine de ansamblu, stări de tranzacție și scenarii complexe de utilizare.

În Capitolul 5 descrie sistemul la nivelul de implementare, cuprinzând descrieri la nivel de cod ale modulelor, detalii privind stările sistemului și metode de depanare, testare și modelare a noilor modele de afaceri și algoritmilor de arbitraj.

Modulul 6 furnizează documentația esențială pentru utilizarea și configurarea sistemului în mediul de producție, consolidând cunoștințele acumulate în capitolele anterioare.

Concluziile, expuse în ultimul modul al lucrării, rezumă descoperirile, implicațiile și posibilele direcții pentru dezvoltarea ulterioară a cercetării științifice.

## **ABSTRACT**

The increase in demand in the crypto-currency market has generated space for business lines that rely on regulating differences in the exchange rates of cryptocurrencies on various platforms. This paper describes the general model of arbitrage between cryptocurrency exchange platforms. It is structured into 7 chapters.

Chapter 1 sets the foundation for the scientific paper, encompassing various key components. It commences with a meticulous definition of the primary terms utilized throughout the document. Additionally, it provides a concise yet comprehensive introduction to the expansive field of blockchain technology. The crypto environment is delineated, and a compilation of the most distinguished cryptocurrency exchange platforms is presented. The chapter culminates with an elucidation of the fundamental purpose behind the development of the informatic system, establishing a clear context for the subsequent exploration.

Chapter 2 delves into the core of the paper, offering an intricate portrayal of the mathematical model governing the computation of profit and loss (P&L) within the business model. This mathematical construct serves as the linchpin for the entire implementation of the information system, underscoring its paramount importance in the research endeavor.

Chapter 3 provides an in-depth analysis of the operational dynamics of the business model. Functional actors within the system are elucidated, alongside a discussion on the beneficiaries of the system. Furthermore, the chapter delves into the advantages conferred upon cryptocurrency exchange platforms, contributing valuable insights to the broader crypto landscape.

Chapter 4 unfolds a multifaceted exploration, beginning with the elucidation of principles governing various types of smart contracts. Concepts such as exchange router contracts, markets, tokens, and pairs are intricately described. The chapter also adopts a behavioral perspective, presenting an overarching view of the system, delineating transaction states, usage scenarios, and detailing message flows and interconnections between system components. A structural description, dependency relationships, implementation environment, and system configuration parameters are thoroughly examined, concluding with insights into running the system in both test and production environments.

Chapter 5 takes the reader through a detailed journey at the implementation level. It encompasses a code-level description of individual modules and a comprehensive module-level overview of the entire system. System states are meticulously described, along with detailed methods for system debugging and testing. Additionally, the chapter sheds light on methodologies for modeling new business models and arbitrage algorithms, providing a holistic view of the system's intricacies.

Chapter 6 shifts focus to end-user documentation and system configuration in a production environment. It serves as a practical guide for users, facilitating the seamless utilization and optimal configuration of the system for productive deployment.

The conclusive Chapter 7 encapsulates the findings, implications, and potential directions for future scientific research, presenting a comprehensive synthesis of the entire scholarly work

INTRODUCTION .....	8
1 THE BLOCKCHAIN AND CRYPTOCURRENCY .....	10
1.1 DEFINITIONS.....	10
1.2 INTRODUCTION TO THE BLOCKCHAIN DOMAIN.....	13
1.3 CRIPTOCURRENCY EVOLUTION AND EVNVIRONEMENT .....	14
1.4 CRYPTOCURENCY EXCHANGE PLATFORMS .....	15
1.6 SCOPE, OBJECTIVES AND SYSTEM REQUIREMENTS .....	17
2 METHEMATICAL MODEL .....	21
3 BUSINESS MODEL .....	28
3.1 REVENUE STREAMS .....	28
3.2 COST STRUCTURE.....	29
3.3 P&L ANALYSIS .....	31
4 DESIGN AND ARCHITECTURE OF CRIPTO ARBITRAGE SOFTWARE .....	34
4.1 SMART CONTRACTS .....	34
4.2 ROUTER CONTRACT.....	35
4.3 TOKEN CONTRACT .....	36
4.4. FACTORY CONTRACT .....	38
4.5. ARBITRAGE SMART CONTRACT .....	39
4.6 SYSTEM COMPONENTS.....	40
5 CODE DESIGN AND SOFTWARE ARCHITECTURE .....	44
5.1 arb_arbitrage.py ARBITRAGE DECISSION ENGINE.....	46
5.2 arb_check_pairs.py SEMI-AUTOMATIC VERIFICATION OF PAIRS .....	47
5.3 arb_mongo_log.py – MONGODB LOGGING UTILITY.....	49
5.4 arb_preload_reserves.py – RESERVE INFORMATION PRELOADER .....	49
5.5 arb_preload_transaction.py – TRANSACTION PRELOADER .....	50
5.6 arb_preload_txpool.py – TRANSACTION POOL LISTENER.....	51
5.7 arb_push_transactions.py – arbitrage transaction propagation service.....	52
5.8 arb_steps_mongo_log.py – DETAILED TRANSACTION .....	53
5.9 lib_arbitrage.py – comprehensive library of essential routines .....	55
5.10 lib – optimized python library for blockchain interaction .....	55
6 INSTALLATION AND LAUNCH INSTRUCTIONS .....	57
6.1 SETUP MONGO DB SERVER .....	57
6.2 SETUP RABBITMQ SERVER.....	59
6.3 SETUP APPLICATION SERVER INSTANCE AS A DROPLET.....	60
6.4 SETUP BLOCKCHAIN INSTANCE .....	60

6.5 SETUP CONFIGURATION FILE .....	61
6.6 DEPLOY REMIX CONTRACT .....	62
6.7 REPLICATE THE INFRASTRUCTURE GEOGRAPHY .....	63
CONCLUSIONS.....	65
BIBLIOGRAPHY .....	66

## BIBLIOGRAPHY

- [1] “What Is Blockchain?,” Money. Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://money.com/what-is-blockchain/>
- [2] “Uniswap Docs | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available:
- [3] “How to Run A Fullnode on BNB Smart Chain | BNB Chain Documentation.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.bnbchain.org/docs/validator/fullnode>
- [4] “How Uniswap works | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.uniswap.org/contracts/V2/concepts/protocol-overview/how-uniswap-works>
- [5] N. Zinsmeister and D. Robinson, “Hayden Adams hayden@uniswap.org”.
- [6] “Factory | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.uniswap.org/contracts/V2/reference/smart-contracts/factory>
- [7] “Pools | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.uniswap.org/contracts/V2/concepts/core-concepts/pools>
- [8] “Ecosystem Participants | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.uniswap.org/contracts/v2/concepts/protocol-overview/ecosystem-participants>
- [9] “Swaps | Uniswap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.uniswap.org/contracts/v2/concepts/core-concepts/swaps>
- [10] “Factory v2.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.pancakeswap.finance/developers/smart-contracts/pancakeswap-exchange/v2-contracts/factory-v2>
- [11] “Router v2 - PancakeSwap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.pancakeswap.finance/developers/smart-contracts/pancakeswap-exchange/v2-contracts/router-v2>
- [12] “Swap Core V2 - PancakeSwap.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://docs.pancakeswap.finance/developers/smart-contracts-aptos/pancakeswap-exchange/v2/swap-core-v2#contract-info>
- [13] “How to Find the Maximum & Minimum Values of a Function? - Video & Lesson Transcript,” study.com. Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: <https://study.com/academy/lesson/find-the-maximum-value-of-a-function-lesson-practice-quiz.html>