

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)
Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(освітній ступінь)

на тему: **Мультиагентні технології синтезу розподілених
комп'ютерних систем для організації аукціонів із застосуванням теорії
ігор та блокчейн**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІМ-61
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Мельничук Ю.Б. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Луцків А.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Луцик Н.С. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Осухівська Г.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Мудрик І.Я. (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

ЗАТВЕРДЖУЮЗавідувач кафедри Осухівська Г.М.

«_____» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)студенту Мельничуку Юрію Борисовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)1. Тема проекту (роботи) Мультиагентні технології синтезу розподілених комп'ютерних систем для організації аукціонів із застосуванням теорії ігор та блокчейнКерівник проекту (роботи) Луцків Андрій Мирославович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)Затверджені наказом ректора від «01» грудня 2023 року №4/7-1132

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технології організації мультиагентних систем, типи аукціонів, властивості технології блокчейн, прикладні переваги теорії ігор

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз принципів та особливостей організації онлайн аукціонів2. Математичне забезпечення процесу організації онлайн-аукціонів на основі блокчейн і3. Програмна реалізація мультиагентної системи організації аукціонів на основіблокчейн і теорії ігор 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Актуальність і мета дослідження. 2. Задачі, об'єкт і предмет, наукова новизна іпрактична цінність дослідження. 3. Типи організації аукціонів. 4. Порівняння аукціонів5. Структура блокчейну. 6. Типи агентів і їх функції. 7. Діаграма протоколу формуванняставок. 8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Осухівська Г.М., зав. каф. КС</i>		
	<i>Стадник І.Я., проф. каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз принципів та особливостей організації онлайн аукціонів</i>	<i>01.12.2023-05.12.2023</i>	<i>виконано</i>
2.	<i>Математичне забезпечення процесу організації онлайн-аукціонів на основі блокчейн і теорії ігор</i>	<i>05.12.2023-12.12.2023</i>	<i>виконано</i>
3.	<i>Програмна реалізація мультиагентної системи організації аукціонів на основі блокчейн і теорії ігор</i>	<i>12.12.2023-17.12.2023</i>	<i>виконано</i>
4.	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>18.12.2023</i>	<i>виконано</i>
5.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>20.12.2023</i>	<i>виконано</i>
6.	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>	<i>21.12.2023</i>	<i>виконано</i>
7.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра</i>	<i>22.12.2023</i>	<i>виконано</i>
8.	<i>Захист кваліфікаційної роботи магістра</i>		

Студент _____

(підпис)

Мельничук Ю.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

(підпис)

Луцків А.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мультиагентні технології синтезу розподілених комп'ютерних систем для організації аукціонів із застосуванням теорії ігор та блокчейн // Кваліфікаційна робота магістра// Мельничук Юрій Борисович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2023 // с. – 93 , рис. – 41 , табл. –19 , аркушів А1 –8 , додат. – 1, бібліогр. – 24 .

Ключові слова: технологія, агент, розподілена система, аукціон, теорія ігор, блокчейн.

У кваліфікаційній роботі магістра проведено порівняльний аналіз різних типів аукціонів та визначено потенційні шляхи впровадження технології блокчейн та методів теорії ігор в їх організацію у вигляді мультиагентних комп'ютерних систем для підвищення ефективності їх функціонування.

Запропоновано метод інтеграції властивостей технології блокчейн для підвищення безпеки транзакцій при організації аукціонів та метод імплементації елементів теорії ігор, зокрема, гри без взаємодії, що дало змогу підвищити ефективність проведення англійських аукціонів за рахунок оптимізації стратегій учасників аукціону та безпечної комунікації на основі консенсусних протоколів між агентами.

Спроектовано архітектуру та програмно реалізовано агенти системи організації аукціонів із застосуванням технологій Java, JavaScript, HTML та CSS, що дало можливість практично реалізувати мультиагентну систему з інтегрованими модулями підвищення безпеки транзакцій та оптимального вибору стратегій формування ставок.

ABSTRACT

Multi-agent technologies for synthesizing distributed computer systems for organizing auctions using game theory and blockchain /Master thesis /Melnychuk Yuriy / Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and software engineering, group CIm -61 // Ternopil, 2023// p. - 93, fig. – 41, table. – 19, Sheets A1 – 8, Add – 1, Ref. – 24.

Keywords: technology, agent, distributed system, auction, theory of games, blockchain.

In the master's qualification work, a comparative analysis of various types of auctions was carried out and potential ways of introducing blockchain technology and game theory methods into their organization in the form of multi-agent computer systems to increase the efficiency of their functioning were determined.

The method of integrating the properties of blockchain technology to increase the security of transactions when organizing auctions and the method of implementing elements of game theory, in particular, a game without interaction, is proposed, which made it possible to increase the efficiency of conducting English auctions due to the optimization of the strategies of auction participants and secure communication based on consensus protocols between agents.

The architecture was designed and the agents of the auction organization system were implemented using Java, JavaScript, HTML and CSS technologies, which made it possible to practically implement a multi-agent system with integrated modules for increasing transaction security and optimal selection of bidding strategies.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ	12
1.1. Актуальність організації та задачі онлайн-аукціонів.....	12
1.2. Типи аукціонів за способом їх проведення	15
1.2.1. Англійський аукціон.....	16
1.2.2. Голландський аукціон.....	18
1.2.3. Аукціон із закритими ставками з першим призом	21
1.2.4. Аукціон із закритими ставками з другим призом.....	21
1.3. Порівняння різних типів аукціонів	24
1.4. Висновки до розділу	26
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН-АУКЦІОНІВ НА ОСНОВІ БЛОКЧЕЙН І ТЕОРІЇ ІГОР	28
2.1. Концептуальне моделювання аукціону як гри.....	28
2.2. Структура блокчейну при організації мультиагентних аукціонів	33
2.3. Мультиагентний аукціон та робочий процес блокчейну	34
2.4. Методи імплементації консенсусних протоколів при організації аукціонів.....	37
2.5. Аналіз та обґрунтування моделей теорії ігор при реалізації онлайн- аукціону на основі блокчейн.....	39
2.5.1. Гра без співпраці (некооперативна гра).....	40
2.5.2. Гра розгорнутої форми	41
2.6. Висновки до розділу	46
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ АУКЦІОНІВ НА ОСНОВІ БЛОКЧЕЙН І ТЕОРІЇ ІГОР.....	48
3.1. Аналіз можливостей реалізації розподіленої мультиагентної системи аукціонів.....	48
3.2. Типи агентів та їх функції	52

3.2.1. Рівень інтерфейсу сервера.....	53
3.2.2. Рівень ядра системи при організації аукціонів	55
3.3. Алгоритми взаємодії між агентами.....	61
3.4. Архітектура і фрагменти клієнтського інтерфейсу мультиагентної комп'ютерної системи організації аукціонів.....	65
3.5. Висновки до розділу	70
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
4.1. Охорона праці.....	72
4.2. Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на об'єкті господарської діяльності в осередку ураження	75
4.3. Розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників і службовців та виробничої діяльності об'єкта промисловості в умовах радіоактивного забруднення місцевості	78
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
Додаток А Текст наукових публікацій кваліфікаційної роботи магістра ...	88

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні спостерігається значний вплив інформаційно-комунікаційних технологій на розвиток різних сфер людської діяльності, що проявляється в автоматизації різноманітних процесів та підвищенні ефективності їх реалізації. Так, зокрема, розвиток сфери комп'ютерної інженерії, інформаційних технологій і штучного інтелекту дозволяє зберігати та опрацьовувати великі об'єми різноманітних даних, виконувати прогнозування різних виробничих показників та факторів, збільшувати продаж товарів і надання послуг. У сфері економіки, особливої уваги потребують нові автоматизовані та інтелектуалізовані сервіси, які формують домен електронної комерції. Окрім традиційних електронних магазинів, які стали буденністю, зараз спостерігається інтеграція окремих інтелектуальних сервісів формування пропозицій як для покупця, так і для продавця, а також міграція офлайн аукціонів в онлайн середовище.

Бачення автоматизації бізнес процесів передбачає розвиток глобальних середовищ електронної комерції, заповнених програмними агентами, що забезпечує динамічний розвиток торговельних відносин між діловими партнерами. Зокрема, необхідно підвищити рівень автоматизації переговорів, щоб дозволити залучення зацікавлених сторін, як окремих осіб, так і бізнес-організацій, до нетривіальних динамічних ділових відносин. У зв'язку з цим, виникає потреба організації програмно-апаратної інфраструктури та реалізації відповідного програмного забезпечення для ефективного управління процесами електронної комерції, зокрема електронними аукціонами.

Принципи організації аукціонів та їх реалізації як в офлайн, так і в онлайн середовищах досліджуються багатьма закордонними та вітчизняними вченими. В основі їх праць лежать фундаментальні алгоритми та моделі проведення аукціонів, а також вдосконалення існуючих підходів до їх проведення. Так, серед закордонних вчених необхідно відмітити

Роберта Вілсона та Пола Мілгрона, які у 2020 році одержали Нобелівську премію за розвиток теорії аукціонів. Серед українських учених у сфері теорії аукціонів варто виділити праці Яловця А.Л., Швайки М.А., Коропецького І.С., Шиманської О. та ін.

Однак, з одночасним розвитком економічної теорії та інформаційних технологій необхідно проводити адаптацію та розвиток існуючих методів, моделей і практичних технік організації аукціонів для підвищення їх ефективності. Зокрема, актуальними задачами при організації онлайн аукціонів є підвищення надійності та захисту даних учасників, а також забезпечення стратегії win-win, які у кваліфікаційній роботі пропонується розв'язати з використанням теорії ігор і технології блокчейн.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка математичного і програмно-апаратного забезпечення організації онлайн аукціонів на основі технології блокчейн і теорії ігор.

Досягнути поставлену мету можна, розв'язавши задачі, наведені нижче:

- аналітичний огляд наукових праць щодо способів і принципів організації онлайн аукціонів;
- аналіз алгоритмів та програмно-апаратних інфраструктур функціонування існуючих видів аукціонів;
- обґрунтування та програмна імплементація аспектів теорії ігор при організації онлайн аукціонів;
- програмна інтеграція технології блокчейн при організації розподілених онлайн аукціонів;
- розробка архітектури програмно-технічного комплексу для підтримки проведення онлайн аукціонів.

Об'єкт дослідження: процес організації розподілених онлайн аукціонів.

Предмет дослідження: математичне забезпечення теорії ігор, програмно-апаратні методи і засоби організації онлайн аукціонів.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених у кваліфікаційній роботі задач використано методи аналізу при визначенні можливостей інтеграції властивостей блокчейн і теорії ігор для організації онлайн аукціонів, математичного моделювання та обчислювальних методів – при розробці стратегій ігор в онлайн-аукціонах та підвищенні захисту транзакцій; проектування, програмування та інтеграція – при розробці мультиагентної системи для проведення аукціонів; експеримент та вимірювання – при визначенні працездатності реалізованої системи проведення онлайн-аукціонів.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна, одержаних у роботі результатів полягає в наступному.

– уперше запропоновано метод інтеграції властивостей технології блокчейн для підвищення безпеки транзакцій при організації аукціонів, що дало змогу в подальшому впровадити їх у вигляді мультиагентної комп'ютерної системи з високим рівнем достовірності транзакцій та можливістю відслідковування змін через відповідні агенти.

– уперше запропоновано метод імплементації елементів теорії ігор, зокрема, гри без взаємодії, що дало змогу підвищити ефективність проведення англійських аукціонів за рахунок оптимізації стратегій учасників аукціону та безпечної комунікації на основі консенсусних протоколів між агентами.

Практичне значення одержаних результатів. Спроектовано архітектуру та програмно реалізовано агенти системи організації аукціонів із застосуванням технологій Java, JavaScript, HTML та CSS, що дало можливість практично реалізувати мультиагентну систему з інтегрованими модулями підвищення безпеки транзакцій та оптимального вибору стратегій формування ставок для забезпечення вищої імовірності одержання виграшу.

Публікації. Результати кваліфікаційної роботи апробовані на XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів (6-7 грудня 2023 р.) та XI науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (13-14 грудня 2023 року) як тези конференцій.

1. Луцків А.М., Мельничук Ю.Б. Принципи організації онлайн аукціонів з інтеграцією елементів блокчейн технології і теорії ігор. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 441.

2. Луцків А.М., Мельничук Ю.Б. Мультиагентна організація сервера онлайн аукціонів. Матеріали XI науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (13-14 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 165.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота містить розрахунково-пояснювальну записку та графічний матеріал. До складу записки входить вступу, 4 розділи, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 93 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ

Тема кваліфікаційної роботи магістра стосується розробки та імплементації математичного та програмно-апаратного забезпечення при організації онлайн аукціонів з використанням теорії ігор і технології блокчейн. Перед тим, як перейти до безпосередньої реалізації системи організації онлайн аукціонів потрібно провести аналітичний огляд принципів і доцільності їх побудови.

1.1. Актуальність організації та задачі онлайн-аукціонів

Створення онлайн аукціонів залишається актуальним і цінним у сучасну цифрову епоху, і є кілька причин, чому це досі актуальне завдання.

Зростання ролі електронної комерції – електронна комерція продовжує розвиватися, і онлайн-аукціони є значною частиною цього розширення. Споживачі все більше покладаються на онлайн-платформи для покупок широкого спектру продуктів і послуг.

- глобалізація економіки – інтернет-аукціони надають глобальну платформу для купівлі та продажу, полегшуючи продавцям охоплення ширшої аудиторії, а покупцям – доступ до ширшого вибору товарів;

- конкуренція на ринку – відомі онлайн-ринки та аукціонні платформи, такі як eBay і Amazon Auctions, продовжують процвітати, але є місце для нішевих або спеціалізованих сайтів онлайн-аукціонів, які обслуговують певні ринки, інтереси чи спільноти;

- унікальні та рідкісні предмети – попит на унікальні та рідкісні предмети залишається високим. Предмети колекціонування, антикваріат, мистецтво, вінтажні предмети та спеціальні вироби приваблюють колекціонерів та ентузіастів, які прагнуть брати участь в аукціонах;

– продаж нерухомості та скорочення житлових площ – коли люди зменшують площу своїх будинків або займаються продажем нерухомості, онлайн-аукціони пропонують зручний спосіб продати речі, які їм більше не потрібні;

– занепокоєння навколишнім середовищем – наголос на стійкості та відповідальності за навколишнє середовище призвів до зосередження уваги на переробці та перепрофілюванні предметів. Інтернет-аукціони – це екологічно чистий спосіб знайти нові місця для вживаних товарів;

– благодійність і збір коштів – багато благодійних організацій використовують онлайн-аукціони як спосіб збору коштів на різні цілі. Онлайн-формат дозволяє їм охопити ширшу базу донорів;

– технологічний прогрес – технологічний прогрес, у тому числі вдосконалені користувачькі інтерфейси, мобільні програми та призначення ставок у реальному часі, покращує взаємодію з користувачем під час онлайн-аукціонів;

– онлайн-безпека – платформи онлайн-аукціонів продовжують удосконалювати заходи безпеки, забезпечуючи більш безпечні та надійні транзакції;

– монетизація хобі – інтернет-аукціони дають людям змогу монетизувати свої хобі чи колекції, продаючи предмети, пов'язані з їхніми інтересами;

– ринкові ніші – інтернет-аукціони можуть обслуговувати конкретні ринкові ніші, такі як предмети розкоші, вінтажна мода, спортивні пам'ятні речі або рідкісні монети, забезпечуючи індивідуальний досвід для ентузіастів;

– економія часу – онлайн-аукціони економлять час як для покупців, так і для продавців, оскільки усувають потребу в фізичній присутності на аукціонах і полегшують дистанційну участь;

- освітні можливості – аукціони можуть надати освітні можливості для його учасників. Покупці можуть дізнатися про вартість товарів, а продавці – про ринковий попит;

- анонімність – інтернет-аукціони пропонують певний рівень конфіденційності та анонімності учасників аукціону, що може бути вигідним у певних ситуаціях;

- історичні дані – доступ до історичних даних аукціону дає цінну інформацію про тенденції ціноутворення та поведінку ринку.

Підсумовуючи, створення онлайн-аукціонів залишається актуальним через постійне зростання електронної комерції, зміну споживчих уподобань, бажання одержати унікальні предмети, а також зручність і ефективність, які пропонують онлайн-платформи.

Однак успіх у цьому просторі залежить від добре спланованої стратегії, ефективного маркетингу, зручного інтерфейсу та чіткого розуміння цільової аудиторії та ринкової ніші. Бачення автоматизації електронної комерції передбачає розвиток глобальних середовищ електронної комерції, заповнених програмними агентами, що забезпечує динамічний розвиток торговельних відносин між діловими партнерами. Зокрема, необхідно підвищити рівень автоматизації переговорів, щоб дозволити залучення зацікавлених сторін, як окремих осіб, так і бізнес-організацій, до нетривіальних динамічних ділових відносин.

Інтернет-аукціони пропонують кілька важливих і корисних переваг як для продавців, так і для покупців, що робить їх цінною платформою для різноманітних угод.

Інтернет-аукціони є глобальною платформою, що дозволяє продавцям охопити широку аудиторію потенційних покупців порівняно з традиційними місцевими аукціонами.

Для забезпечення зручності учасників аукціону приймати участь в онлайн-аукціонах можна не виходячи з дому або будь-де, де є доступ до Інтернету, усуваючи потребу фізично відвідувати аукціони.

Онлайн-аукціони часто мають встановлені часові рамки, що забезпечує структурований та ефективний спосіб купівлі та продажу товарів. Учасники торгів можуть встановлювати максимальну ставку та дозволяти платформі автоматично робити ставки від їх імені, заощаджуючи час.

Платформи онлайн-аукціонів, зазвичай, надають детальну інформацію про предмети, включаючи описи, зображення та історію аукціонів тим самим підвищуючи прозорість аукціону. Ця прозорість допомагає покупцям приймати зважені рішення.

Аукціони дають змогу формувати конкурентне середовище, де покупці можуть робити ставки, і перемагає той, хто запропонує найвищу ставку. Це може призвести до справедливої ринкової ціни на товари.

Продавці можуть уникнути витрат, пов'язаних із налаштуванням фізичних аукціонів, орендою приміщення та наймом персоналу. Покупці також можуть заощадити на дорозі та пов'язаних з цим витратах. Таким чином знижується вартість транзакції. Учасникам торгів не потрібно розкривати свою особу, а продавці можуть зберігати анонімність за бажанням.

1.2. Типи аукціонів за способом їх проведення

Зазвичай аукціони можна розділити на чотири основні типи:

- аукціон із зростанням ставок;
- аукціон із низхідними ставками;
- аукціон із закритими ставками з першим призом;
- аукціон із закритими ставками з другим призом.

Іноді людині важко знайти найефективніші правила торгів через різні потреби. Тому необхідно проаналізувати кожен з цих типів аукціонів, щоб дізнатися більше про їхні характеристики. Важливим при виборі типу аукціону є визначення оптимальних стратегій та унікальних характеристик.

1.2.1. Англійський аукціон

Перший базовий аукціон — це аукціон із зростанням ставок. Під час аукціону зі зростанням ставок, ціна послідовно підвищується, доки не буде готовий заплатити лише один учасник. Учасник перемаже аукціон і сплатить остаточну ціну.

Аукціон зі зростанням ставок також має назву англійський аукціон. Припустімо, що є об'єкт, який продається на англійському аукціоні. Щоб зробити цю модель простішою, також можна припустити, що є лише три учасники торгів, учасник торгів А, учасник В і учасник С, кожен зі своєю власною оцінкою a , b і c ($a < b < c$). Усі вони є раціональними учасниками торгів і достатньо розумними, щоб приймати найкращі рішення кожного разу, коли це необхідно. Усі вони хочуть отримати об'єкт і мають свої оцінки для нього.

Кожен учасник торгів знає лише свою власну оцінку. Розпочинається аукціон. Завдяки правилам англійського аукціону він починається з дійсно низької ціни P_1 . У цей момент $P_1 < a < b < c$. Оскільки P_1 є нижчим, ніж оцінка трьох учасників торгів, усі вони мають переваги щодо ставок на цей продукт.

Потім ціна зростає до P_2 ($P_2 = a$), таким чином, що для учасника торгів А він або вона не може отримати прибуток за цією ціною. Коли ціна підніметься ще вище до P_3 ($a < P_3 < b < c$), учасник А вийде з аукціону. По аналогії відбувається і з учасником В, оскільки ціна зростає до P_n , що дорівнює його чи її оцінці b : учасник В також вийде. Зрештою, очевидно, що учасник торгів С виграє аукціон і заплатити ціну b . Підсумовуючи, можна сказати, що на англійському аукціоні особа з найвищою оцінкою отримає об'єкт, і заплатити другу найвищу ціну. На аукціонах такого типу всі учасники просто мають зробити ставку нижче своєї оцінки та залишити аукціон, якщо ціна стане занадто високою. Цей вид аукціону досить простий і зручний в експлуатації. На рис. 1.1 показано організацію англійського

аукціону, а на рис. 1.2 – одну із стратегій, яка використовується на Wall Street.

Англійські аукціони можна використовувати для багатьох видів товарів і послуг, оскільки він є легким в експлуатації та відносно простим. Існує два види англійських аукціонів: традиційні та онлайн-аукціони.

На традиційних англійських аукціонах, зазвичай, не потрібно призначати певний час, а аукціони тривають лише кілька хвилин. Однак із розвитком технологій з'явився новий вид англійського аукціону, який мігрував в мережу інтернет.

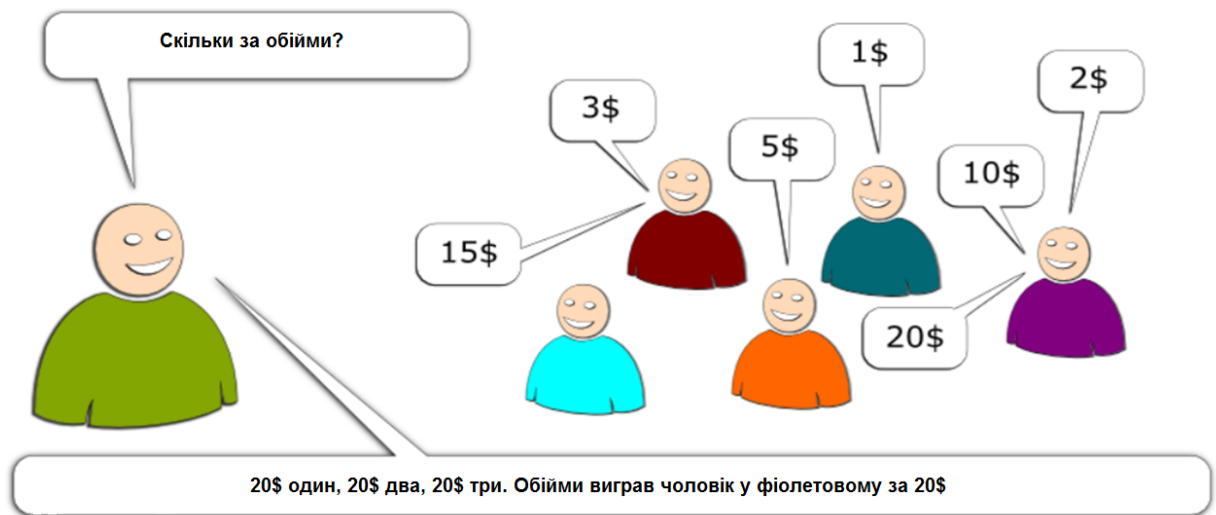


Рис. 1.1. Приклад англійського аукціону

Англійський аукціон

Стратегія англійського аукціону

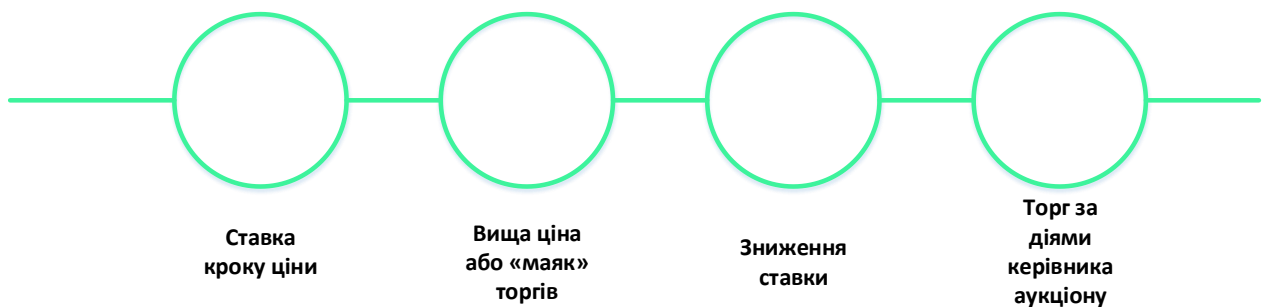


Рис. 1.2. Приклад стратегії англійського аукціону

Одним із найпоширеніших прикладів є проведення онлайн-аукціону на Ебай. Зазвичай, аукціони тривають тиждень. Деякі учасники торгів знайшли стратегію призначення ставок, яка називається відрізання ставок. Коли учасники торгів застосовують цю тактику, вони роблять ставку, вищу за поточну ставку, за кілька секунд до завершення аукціону, що може перешкодити учасникам з вищими ставками виграти аукціон.

Якщо учасники торгів хочуть виграти аукціони, вони можуть використовувати автоматичне призначення ставок на Ебай, щоб встановити найвищу ціну, яку вони можуть прийняти. еВай автоматично розміщуватиме ставки для учасників торгів. Платформа продовжуватиме робити це, доки не буде досягнуто обмеження учасників торгів.

Англійські аукціони мають багато варіантів. Кілька прикладів таких варіантів – аукціон англійських годинників. На аукціонах англійських годинників ціна також починається з низької, а потім поступово підвищується у часі. Учасники торгів можуть сигналізувати аукціоністам, коли вони вирішать вийти з аукціону. Після того як учасник вийшов з аукціону, він не може повернутися до нього згодом. Зрештою, єдиний учасник, який залишиться, виграє аукціон і заплатить найвищу ціну.

Другим варіантом буде аукціон із часовим інтервалом. Часовий інтервал стосується англійських аукціонів, які потребують днів або тижнів. Цей варіант використовується на ринку нерухомості та рукописів. Ебай також є прикладом такого варіанту. Замість стратегії скорочення ставок, високих ставок до останнього моменту, існує інша стратегія, яка широко використовується на аукціоні з часовими інтервалами. На відміну від відрізання ставки, учасники можуть запропонувати відносно високу ставку на початку аукціону, щоб налякати інших конкурентів.

1.2.2. Голландський аукціон

Для голландських аукціонів характерно те, що продавець поступово знижує ціну від деякої високої початкової вартості, доки вперше не

знайдеться учасник, якого задовольнить ціна і він її сплатить. Тоді аукціон одразу завершиться.

Припустимо, що є n учасників, які бажають купити об'єкт на голландському аукціоні. Спочатку ціна (P_1) надзвичайно висока, навіть вища за найвищу оцінку (a) покупців. Оскільки $P_1 > a$, ніхто не приймає ціну, і аукціон продовжується. Потім ціна поступово знижується до P_2 , що дорівнює a . Проте покупця, який би погодився на цю ціну, немає. Оскільки ціна стає нижчою за a , все більше і більше покупців цікавляться об'єктом, але всі вони не знають, коли прийняти ціну і завершити аукціон. Це тому, що вони борються з тим, наскільки вони повинні відтінити свої ставки. На рис. 1.3 показано детальний алгоритм голландського аукціону.



Рис. 1.3. Алгоритм голландського аукціону

Затінення ставок, зазвичай, означає пропонувати ставку, нижчу за оцінку, щоб запобігти переплаті. Якщо гравці агресивно змінюють свої ставки, у них вищі шанси виграти голландський аукціон, але вони можуть отримати менше прибутку; якщо гравці лише трохи відтінять свої ставки, вони можуть втратити шанс виграти аукціон. Таким чином, є інші чинники,

які слід враховувати перед тим, як покупці затвердять свої ставки. Через ці невизначені фактори аукціон буде більш непередбачуваним і складним.

Такими факторами можуть бути, наприклад, кількість учасників торгів. Зі збільшенням кількості учасників, які беруть участь в аукціоні, шанси певного учасника виграти аукціон зменшаться, і тим менше йому доведеться відтіняти свої ставки. Однак, якщо в аукціоні бере участь менше учасників, учасник може агресивно змінювати свою ставку, щоб отримати більший прибуток. Учасникам торгів також може знадобитися подумати про прогнозування оцінки своїх конкурентів. Якщо їхні конкуренти заможні люди, то, швидше за все, вони готові поставити вищу ставку на об'єкт. І навпаки, якщо їхні конкуренти недостатньо багаті, учасник може робити ставки агресивно

Для голландських аукціонів характерно те, що об'єкти, які продаються, зазвичай, не можуть зберігатися протягом тривалого періоду або змінюють свої характеристики з часом. До таких продуктів належать квіти, фрукти, овочі, риба тощо. Голландський аукціон зазвичай завершується за короткий проміжок часу, що робить його ідеальним аукціоном для товарів, які потрібно продати негайно.

На голландському аукціоні господар може використовувати годинник під час аукціону. Класичним прикладом такого аукціону є квітковий аукціон Алсмера. Спочатку стрілка на годиннику починає рухатися згори – від початкової ціни, а її рух відбувається проти годинникової стрілки до нижчих цін. Людина, яка натискає кнопку, щоб зупинити годинник, використовує мікрофон, щоб повідомити персоналу про ту кількість, яку їй потрібно. Потім стрілка повертається до вищої ціни та знову рухається проти годинникової стрілки, доки наступний учасник не натисне кнопку. Аукціон може закінчитися швидко.

Насправді на квітковому аукціоні в Алсмері є 13 годинників у п'яти аукціонних кімнатах, причому кожен годинник ціни кожні кілька секунд показує вартість транзакції. Саме цей ефективний метод аукціону дозволяє

Нідерландам експортувати квіти та рослини в горщиках у багато інших частин світу та стати світовим центром торгівлі квітами та рослинами.

1.2.3. Аукціон із закритими ставками з першим призом

На відміну від англійського аукціону, аукціон закритих ставок першої ціни дозволяє кожному покупцеві таємно записати свої ставки на аркуші паперу або подати свої ставки таким чином, щоб не повідомляти іншим гравцям про них. Після того, як усі ставки будуть зібрані, особа з найвищою ставкою виграє аукціон і сплачує подану ставку.

Так само, як і в англійському аукціоні, для закритого аукціону першої ціни також потрібно, щоб учасники відтіняли свої ставки. Щоб отримати позитивний прибуток, усі гравці також мають відтіняти свої ставки під час участі в закритому аукціоні за першою ціною, що робить цей аукціон більш схожим на голландський.

1.2.4. Аукціон із закритими ставками з другим призом

На аукціоні із закритими ставками з другим призом кожен учасник записує власні ставки на аркуші паперу, а потім подає його. Учасник, який запропонує найвищу ставку, виграє аукціон і заплатить другу за величиною ставку.

На цьому аукціоні особа з найвищою оцінкою отримує лот і платить за другою найвищою оцінкою. Можливо, деякі люди дивуються, що учасники торгів можуть не запропонувати справжню ціну, щоб отримати більший прибуток або шанси на перемогу. Однак, якщо всі учасники торгів є раціональними, то не потрібно хвилюватися, що покупці не запропонують свою справжню вартість. Ось проста модель для такого типу аукціону.

Припустимо, що є гравець A , який має оцінку a щодо об'єкта, який продається. Гравець B (з оцінкою b) є покупцем з найвищою оцінкою серед інших гравців. Те ж саме з моделлю англійського аукціону, і гравець A , і

гравець B є раціональними та розумними учасниками торгів. При цьому можна розділити ситуації на дві частини залежно від поведінки гравця B .

Якщо гравець B вагається між тим, щоб зробити нижчу ставку чи зробити істинну. Є три можливості.

1. b (оцінка гравця B) $>$ a (оцінка гравця A)

– зробити нижчу ставку: гравець B може отримати профіцит 0.

– зробити істинну ставку: гравець B також може отримати профіцит

0.

Нижча ставка та істинна ставка однаково хороші в даному випадку.

2. P_l (ціна гравця B , що робить ставку нижче) $<$ $b <$ a

– зробити нижчу ставку: гравець B може отримати профіцит 0.

– зробити істинну ставку: гравець B може отримати прибуток ($a -$

b).

Істинна ставка краща, ніж нижча ставка.

3. $b <$ $P_l <$ a .

– зробити нижчу ставку: гравець B може отримати надлишок ($a -$

b);

– істинна ставка: гравець B може отримати надлишок ($a - b$);

Нижча ставка та істинна ставка однаково виправдані.

Таким чином, розглянувши три наведені вище можливості, можна дійти висновку: робити істинні краще, ніж ставки, нижчі за оцінку учасника торгів.

Якщо гравець B вагається між тим, чи поставити вищу ставку, чи зробити істинну ставку, також існує три можливості.

1. b (оцінка гравця B) $>$ P_h (ціна гравця B , який зробив вищу ставку)

– зробити вищу ставку: гравець B може отримати надлишок 0.

– істинна ставка: гравець B також може отримати надлишок 0.

Підвищення ставки та істинна ставка однаково хороші.

2. $P_h >$ $b >$ a (оцінка гравця A)

– зробити вищу ставку: гравець B може отримати від’ємний надлишок ($-b$).

– істинна ставка: гравець B може отримати надлишок 0.

Істинна ставка краща, ніж її підвищення

3. $P_h > a > b$

– зробити вищу ставку: гравець B може отримати позитивний надлишок ($a - b$).

– зробити істинну ставку: гравець B може отримати додатний профіцит ($a - b$).

Підвищення ставки та істинна ставка однаково хороші. Загалом, правильні ставки краще, ніж ставки, вищі за справжню оцінку учасника торгів. З попереднього аналізу очевидно, що для раціональних покупців найкраща стратегія для них у закритому аукціоні другої ціни — робити ставки на основі своєї справжньої вартості. Лише таким чином вони зможуть максимізувати свої прибутки та уникнути непотрібних втрат.

Оскільки аукціони із закритими ставками можуть надати учасникам більше вибору та контролю над усіма аукціонами, їх можна використовувати для більш формальних і важливих ситуацій. Вони можуть мати більше часу та шансів подумати.

Для аукціону із закритими ставками з першим призом він використовується для рефінансування кредиту та іноземної валюти. Казначейство США використовує дискримінаційний аукціон для продажу більшості казначейських векселів, нот і облігацій, які фінансують державний борг Сполучених Штатів.

Аукціони із закритими ставками з першим призом також можуть використовуватися для визначення контрактів на будівництво. Учасники торгів можуть надати свої власні плани та проекти будівництва учасникам аукціону, а також покупцям, а власники аукціону підписують контракти з компанією чи учасником торгів, які пропонують найкращий план чи проект.

В Японії такий вид аукціону використовується для продажу в'яленої риби. Аукціони із закритими ставками з другим призом також можуть використовуватися для продажу національних боргових зобов'язань і мають деякі подібні програми з аукціонами із закритими ставками з першим призом.

1.3. Порівняння різних типів аукціонів

Хоча правила для чотирьох, вище наведених основних аукціонів відрізняються, є багато подібності у деяких їхніх оптимальних стратегіях. І для англійського аукціону, і для аукціону із закритими ставками з другим призом оптимальні стратегії еквівалентні.

Для покупців все, що вони повинні враховувати, це робити ставки на основі їх справжніх оцінок. Їм не потрібно передбачати або боротися з тим, яку ставку вони повинні зробити. Вони можуть зосередитися лише на собі.

Наприклад, на англійському аукціоні покупець може робити ставки, поки ціна не досягне його оцінки. У закритих аукціонах з другим призом покупцям залишається лише записати справжню оцінку та дочекатися результату.

Однак як для голландського аукціону, так і для закритого аукціону за першим призом покупці повинні передбачити поведінку інших учасників, щоб виграти аукціон. На цих двох аукціонах учасникам торгів необхідне затінення ставок, і вони повинні вибрати правильний момент рівноваги, щоб встановити свою ставку. Надто високі чи занижкі ставки вплинуть на їхні результати. Учасники тендеру також повинні враховувати різні та складні фактори. Переваги та недоліки чотирьох основних аукціонів наведено у табл. 1.1

Таблиця 1.1.

Переваги та недоліки чотирьох основних аукціонів

Назва аукціону	Переваги	Недоліки
Англійський аукціон (Зростання ставки)	1. Повністю прозорий і відкритий: учасники торгів можуть отримати інформацію про своїх конкурентів під час аукціону. 2. Простота в експлуатації	1. Страждає від «прокляття переможця», яке полягає в тому, що учасники торгів можуть зробити ставку більшу, ніж їхні приватні оцінки
Голландський аукціон (Спадання ставки)	1. Надає можливість дрібним інвесторам брати участь в аукціоні 2. Аукціон, зазвичай, закінчується за короткий період часу	1. Більш складний і непередбачуваний
Закритий аукціон з першим призом	1. Максимізація прибутку учасників торгів	1. Страждає від «прокляття переможця» 2. Більш складний і непередбачуваний 3. Учасники торгів можуть робити ставки нижчі, ніж його фактичну вартість

Продовження табл. 1.1

Назва аукціону	Переваги	Недоліки
Закритий аукціон з другим призом	1. Розкриває справжню оцінку учасників торгів 2. Легше для учасників торгів, оскільки вони потрібно зосередитися лише на собі	1. Неможливо отримати великий прибуток

Таким чином, розглянуто основні принципи організації чотирьох базових аукціонів, визначено їх переваги та недоліки, сферу застосування та потенційні вигоди для учасників аукціонів. Проте, для структурування та побудови моделей аукціонів необхідно визначити найбільш ефективний математичний апарат для представлення стратегій формування ставок на аукціонах та забезпечити високу надійність та захист даних при проведенні онлайн аукціонів.

1.4. Висновки до розділу

У даному розділі одержано наступні результати:

1 Проаналізовано доцільність створення онлайн-аукціонів і встановлено, що це є одним із шляхів розвитку електронної комерції в умовах глобалізації економічних процесів, обґрунтовано необхідність підвищення безпеки та розвитку гнучкості підходів формування стратегій при проведенні аукціонів.

2 Проведено аналітичний огляд типів аукціонів, що дало змогу визначити особливості правил їх проведення та обґрунтувати актуальність

розробки методів формування оптимальних стратегій поведінки учасників, зокрема з імплементацією елементів теорії ігор.

3 Проведено порівняльний аналіз різних типів аукціонів та визначено потенційні шляхи впровадження технології блокчейн та методів теорії ігор в їх організацію у вигляді мультиагентних комп'ютерних систем для підвищення ефективності їх функціонування.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН-АУКЦІОНІВ НА ОСНОВІ БЛОКЧЕЙН І ТЕОРІЇ ІГОР

2.1. Концептуальне моделювання аукціону як гри

Принципи теорії ігор та відповідні інструменти можуть використовуватися для моделювання аукціонів різного типу. В теорії ігор передбачається, що гравці прагнуть максимізувати свої виграші шляхом використання усієї доступної їм інформації. При цьому вони вибирають найкращі відповіді на стратегії інших гравців.

Будь-яка гра починається з правил. Правила гри включають:

- гравців;
- стратегії, доступні для кожного гравця;
- виграші за усіх можливих комбінацій стратегій учасників аукціону.

Асиметрична інформація додає ще один елемент: кожен гравець може належати до кількох типів, і тип кожного гравця є його особистою інформацією.

Гравці – це особи, які беруть участь в аукціоні. Зазвичай, їх називають покупцями або учасниками торгів. Можна порахувати їх і позначити загальну кількість учасників торгів через N .

Окрім цього, можна занумерувати кожного гравця мітками $1, 2, \dots, i, \dots, N$. Наприклад, якщо є тільки два учасники торгів, це записується як $N = 2$, однак можна аналізувати аукціон з будь-якою кількістю покупців. Аукціоніст не є гравцем, він є третьою стороною або «чорною скринькою», яка збирає ставки та визначає результат аукціону.

Тип гравця – це особиста інформація про учасника, який приймає участь в аукціоні. У даному контексті – це оцінка об'єкта покупцем. Оцінку «Покупця 1» можна позначити V_1 , оцінку «Покупця 2» – V_2 , останнього

покупця – V_N . Оцінку можна інтерпретувати як корисність, яку покупець отримує від об'єкта, якщо він його отримує, виміряна в грошовому еквіваленті. Оцінка визначає максимальну готовність покупця заплатити за певний об'єкт: жоден з покупців не заплатить більше, ніж встановлена сума за об'єкт аукціону. Оцінка, яка формується покупцем є приватною інформацією. Тому що, дивлячись на учасника, не можемо сказати, скільки він готовий заплатити за об'єкт, але сам учасник особисто знає цю інформацію.

Природа ставок та оцінки.

Формально економісти вважають, що перед тим, як покупці прийдуть на аукціон, природа призначає оцінку кожному покупцеві. Для того, щоб уявити оцінки покупців необхідно навести аналогію за допомогою ігрового автомату великого розміру у якому кількість коліс дорівнює кількості місць (покупців). Усі можливі оцінки написані на кожному колесі. Перед початком аукціону «природа» грає в ігровий автомат: натискає кнопки початку, а потім зупинки. Числа, які з'являються на ігровому автоматі, є оцінками покупців, які прийшли на аукціон. При цьому можливі наступні варіанти оцінок.

- з певною ймовірністю всі оцінки будуть низькими, тоді всі покупці, які прийшли на аукціон, не готові платити за об'єкт занадто багато;
- з деякою ймовірністю всі цифри будуть високими: всі покупці готові платити багато;
- з певною ймовірністю відбуватимуться всі проміжні комбінації: будуть покупці з низькою та високою оцінками одночасно.

З точки зору модератора, коли він обирає формат аукціону, все, що він знає, це номери коліс на ігровому автоматі (кількість покупців) і їх можливі оцінки.

Аукціоніст не має уявлення про те, чи є фактичні оцінки всіх покупців, які прийшли на його аукціон, високими, низькими, одна висока, а інші низькі, дві високі та група низьких, група високих і група низьких, усі

оцінки точно середні тощо. Модератор очікує, що будь-яка комбінація оцінок можлива з певною ймовірністю.

Крім того, покупці не мають уявлення про оцінку іншого покупця, вони можуть бачити лише те, що написано на колесі, яке відповідає їхньому місцю. Цей опис може здатися нелогічним. Однак це не так і обґрунтуємо це на прикладі.

Припустимо, предметом є китайська антикварна скринька. Коли учасник приходить на аукціон, він знає свою оцінку, це залежить від багатьох факторів:

- чи цінує він азіатське мистецтво;
- чи хоче він скриньку прямо зараз;
- чи вважає він форму цієї скриньки естетично привабливою тощо.

Тож певним чином оцінка учасником аукціону об'єкта визначається природою – власними суб'єктивними уподобаннями та випадковим досвідом, який сформував сприйняття. У кожного учасника свій досвід і відповідно кожен формує свою оцінку для об'єкта на аукціоні.

Знання.

Кожен покупець точно знає свою оцінку та володіє інформацією щодо кількості покупців, які беруть участь в аукціоні, але не знає точних оцінок інших покупців.

Кожен покупець знає шкалу оцінок: діапазон усіх можливих значень оцінок об'єкта та ймовірність, з якою виникає кожна оцінка. Це необхідно йому для того, щоб сформувані певні очікування щодо ставок інших покупців і обрати власну оптимальну ставку.

Приклад розподілу: усі можливі оцінки в діапазоні від 1 до 100, і кожна оцінка є однаково ймовірною; тоді, коли кожен покупець дивиться на людину, яка сидить поруч із ним, і знає лише те, що: «оцінка мого сусіда дорівнює 1 з ймовірністю 0,01, його оцінка 2 з ймовірністю 0,01 тощо, його оцінка 100 з ймовірністю 0,01 і очікувана (у середньому) оцінка для цього покупця становить 50 (це рівномірний розподіл: усі значення в діапазоні

однаково ймовірні, тому логічно, що V рівномірно розподілені на інтервалі $[1, 100]$).

Стратегії.

Кожен покупець розмістить свою ставку b_i , сподіваючись отримати об'єкт за ціною нижче V_i . Отже, у цьому контексті стратегії – це ставки. «Нульова ставка» – це одна стратегія, яку можна записати як $b_i = 0$, «ставка 1 цент», інша стратегія тощо. З усіх можливих ставок покупець вибере ту, яка максимізує його очікуваний виграш, враховуючи очікування щодо стратегій (заявки) інших покупців

Варто мати на увазі, що хоча оптимальна ставка залежить від оцінки покупця, вона не обов'язково дорівнює справжньому бажанню платити. Якщо покупець хоче зробити ставку більше або менше, ніж його оцінка, ніщо не завадить йому це зробити.

Виплати.

Після закінчення гри гравці отримують свої виграші, які визначаються стратегіями, які всі гравці вибрали для гри. Тут те саме: залежно від усіх поданих ставок (стратегії, в які грають усі гравці), аукціоніст визначить переможця та оголосить певну ціну – P . Один покупець виграє аукціон і отримає об'єкт. У такому випадку корисність – це приватна оцінка переможця аукціону, яку він отримує як задоволення від об'єкта за мінусом ціни, яку він повинен заплатити.

Якщо деякий покупець i виграє аукціон, тоді його корисність, позначається як U_i і дорівнює

$$U_i = V_i - P \quad (2.1)$$

де U_i – корисність користувача;

V_i – оцінка об'єкта i -им користувачем;

P – ціна, яку заплатив переможець аукціону.

Це дуже проста лінійна модель, і це буде точно таке ж рівняння для всіх форматів аукціону. Для всіх інших покупців, які програли, корисність дорівнює нулю: вони не отримують задоволення від володіння об'єктом, але також нічого не платять (єдиним винятком є аукціон all-pay, на якому всі покупці платять незалежно від того, чи виграли вони або програли).

Результат.

Результат аукціону відображає інформацію про те, кому дістався об'єкт і скільки він заплатив за нього, переможець і ціна. Результат залежить від ставок, зроблених усіма покупцями. У всіх аукціонах переможцем є покупець, який зробив найвищу ставку. У різних форматах аукціону ціна визначається по-різному.

Рівновага Байєса за Нешем.

Рівновага за Нешем – це той випадок, коли усі гравці обирають стратегії, які максимізують їхні виграші, враховуючи стратегії інших гравців. Тоді потрібно дати відповідь на питання, що відбувається, коли всі гравці максимізують свої виграші? Коли інформація асиметрична, рівновага називається рівновагою Байєса за Нешем (BNE).

Рівновага Байєса за Нешем – це комбінація стратегій гравців, така що задовольняє наступні умови:

- усі учасники є гравцями (всі N покупців);
- усі типи для кожного гравця (для будь-якої можливої оцінки, яку має кожен покупець);
- збільшення очікуваних виграшів (очікувані, тому що вони не впевнені, що зроблять інші гравці та яку виграш вони отримують у підсумку);
- під час максимізації очікуваних виграшів кожен гравець формує переконання щодо того, якими є стратегії інших гравців (кожен покупець не знає, яку ставку запропонують інші покупці, і тому повинен робити певні прогнози щодо цього).

2.2. Структура блокчейну при організації мультиагентних аукціонів

Блокчейн вперше був запропонований як децентралізований захищений від несанкціонованого втручання реєстр, який записує набір транзакцій. Ці транзакції перевіряються за допомогою децентралізованого процесу консенсусу між ненадійними агентами перед підключенням до ланцюжка.

Ключовими перевагами блокчейн-мережі є:

- Децентралізація – через розподілену мережу, яка дозволяє кожному обчислювальному блоку використовувати власну обчислювальну потужність для участі в блокчейні, що дає можливість кожній транзакції досягати згоди між усіма вузлами за допомогою консенсусного протоколу та уникати монополії централізованої мережі.

- Захищений від втручання реєстр – криптографічні методи, які використовуються в блокчейні, гарантують, що будь-яка зміна даних транзакцій у блокчейні може спостерігатися всіма вузлами мережі. Це означає, що транзакція, записана в блокчейні, не може бути змінена або підроблена, якщо більшість вузлів не скомпрометовано.

- Прозорість транзакцій – усі транзакції в блокчейні можна відстежити для перевірки, і ці транзакції є прозорими для всіх вузлів у мережі блокчейну.

- Ненадійна, але безпечна торгівля – завдяки використанню цифрового підпису асиметричного ключа мережа блокчейн гарантує, що лише відправник і одержувач, які володіють парою асиметричних ключів, зможуть виконати транзакцію без втручання будь-якої довіреної третьої сторони.

2.3. Мультиагентний аукціон та робочий процес блокчейну

Організація криптографічних даних відіграє надзвичайно важливу роль у структурі блокчейну. Спочатку наведемо деякі базові компоненти, що підтримують організацію даних у мережах блокчейн.

Транзакція: транзакція є основним компонентом блокчейну – транзакція пропонується користувачем блокчейну та складається з даних транзакції, які визначають відповідну цінність, наприклад, цифрові токени в криптовалюті, адреси відправника та отримувача, а також відповідну плату за транзакцію [1].

Блок – містить заголовок та набір певної кількості транзакцій. Заголовок блоку визначає хеш-вказівник і структура даних дерева Меркла.

Хеш-вказівник – хеш-показчик поточного блоку містить хеш-значення, пов'язане з попереднім блоком, яке також містить хеш-вказівник на попередній блок. Таким чином, хеш-вказівники можна використовувати для побудови зв'язку записів, тобто блокчейну.

Дерево Меркла або хеш-дерево – це дерево, в якому кожен листовий вузол позначено хеш-значенням даних транзакції блоку, а ті не листові вузли позначено хеш-значенням конкатенації своїх дочірніх вузлів. Ця структура унеможлиблює конфіденційну зміну даних у блокчейні. Приклад структури блокчейну представлено на рис. 2.1.

Рис. 2.1 є ілюстративним прикладом структури даних блокчейну, де транзакції входять до блоку, а блок представлено деревом Меркла. Звідси випливає, що типовий блокчейн – це множина блоків, яка постійно збільшується лише з додаванням блоків, які послідовно пов'язані за допомогою хеш-вказівників, як лінійний зв'язаний список. Точніше, заголовок блоку включає хеш-вказівник, який асоціюється з попереднім блоком, а дані транзакції представлені у вигляді дерев Меркла.

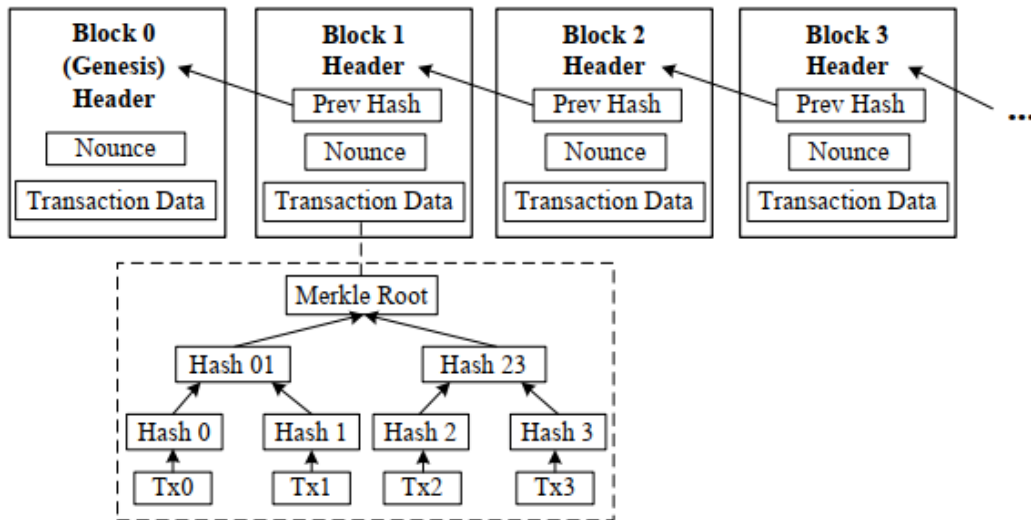


Рис. 2.1. Схематичне зображення структури блокчейну

Окрім базової організації криптографічних даних, для підтримки мережі блокчейн потрібні вузли блокчейну для поширення транзакції, зберігання даних у блоках, перевірки транзакції та досягнення консенсусу.

Механізм роботи блокчейна працює так, як показано на рис. 2.2.

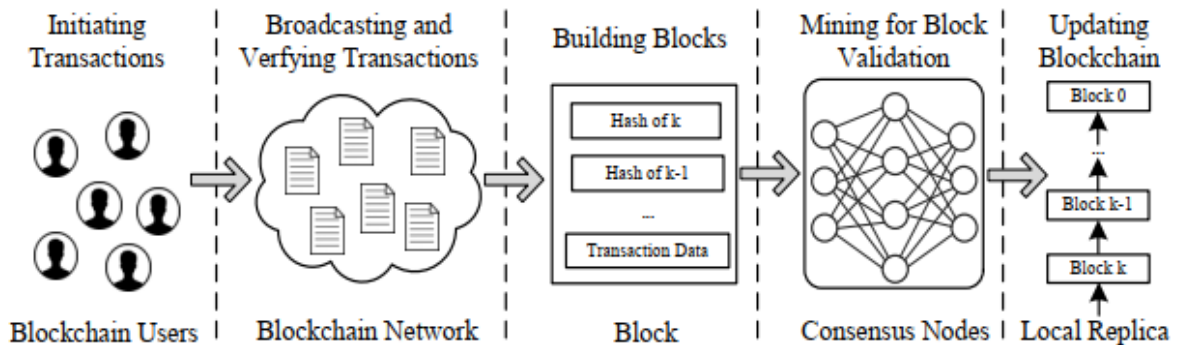


Рис. 2.2. Структура робочого процесу мережі блокчейн

Алгоритм виконання послідовності кроків, згідно рис. 2.2, передбачає виконання наступних дій:

- ініційована транзакція транслюється в розподілену мережу через вузол.

- вузли в блокчейні перевіряють транзакцію, а також вузол, який транслює транзакцію.
- кілька вузлів можуть об'єднувати різні підмножини нещодавно перевірених транзакцій у свої блоки-кандидати та транслювати їх у всю мережу.
- усі або частина вузлів у мережі блокчейн беруть участь у перевірці блоку, виконуючи певні функції, визначені консенсусним протоколом.
- верифікований блок приєднується до блокчейну, і кожен вузол оновлює свою локальну репліку, тобто локальні перегляди всієї облікової книги блокчейну.

Загалом, не всі вузли можуть бути автентифіковані для приєднання до мережі блокчейн для виконання протоколу консенсусу. Відповідно до схеми контролю доступу, яка визначає, який вузол може приєднатися до мережі, платформи блокчейн класифікуються на схеми без дозволу, тобто загальнодоступні блокчейни (публічні), і дозволені схеми, включаючи приватні та консорціумні блокчейни.

При виборі дозволеної схеми контролю доступу, наприклад, Hyperledger fabric, консенсус повинен бути досягнутий лише серед невеликої групи автентифікованих вузлів, і, таким чином, дозволена блокчейн-мережа зазвичай приймає протоколи BFT, наприклад, Byzantine Paxos [22].

Навпаки, у блокчейні без дозволу, наприклад, Ethereum, будь-який вузол може брати участь у мережі, і застосовуються деякі інші консенсусні протоколи, такі як Proof of Work (PoW) і Proof of Stake (PoS). Далі, в якості прикладів, можна перерахувати деякі широко використовувані блокчейн-платформи та їхні консенсусні протоколи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Блокчейн платформи та консенсусні протоколи

Назва платформи	Тип платформи	Консенсусний протокол
Bitcoin	Публічний	Proof of Work (PoW)
Ethereum	Публічний	PoW & Proof of Stake
Hyperledger Fabric	Консорціум	Pluggable algorithm
EOS	Приватний	Delegated Proof of Stake
Stellar	Публічний і приватний	Stellar consensus protocol
Quorum	Приватний	Majority voting
Ripple	Приватний	Probabilistic voting

2.4. Методи імплементації консенсусних протоколів при організації аукціонів

У мережі блокчейн протокол консенсусу гарантує досягнення згоди між вузлами. Надійний консенсусний протокол повинен задовольняти властивості:

- правильність – кожен вузол приймає вміст і порядок транзакцій у підтвердженій структурі блокчейна.
- узгодженість – кожен вузол оновлює свою локальну структуру блокчейну, якщо з'являється новий блок заголовку підтверджено.
- трасування – усі транзакції можна відстежити для підтвердження.

Однак у деяких випадках між вузлами можуть існувати розбіжності. Наприклад, локальна репліка блокчейну всіх вузлів не може бути синхронізована одночасно через розподілену мережу. У цьому випадку вузли можуть підтримувати різні облікові книги блокчейну, і таким чином

з'являються ланцюги розгалужень. Це означає, що вузли можуть відхилитися від протоколу підтримки найдовшого ланцюга.

Таким чином, очікується, що протокол консенсусу блокчейну буде сумісним із стимулами. Це означає, що будь-який вузол зазнає фінансових втрат, наприклад, марна інвестиція в машину для майнінгу, щоразу, коли вузол відхиляється від протоколу.

Наразі найпопулярнішим консенсусним протоколом блокчейну є протокол консенсусу Nakamoto на основі PoW [1]. Протокол Накамото досягає консенсусу, розв'язуючи математичну головоломку, тобто знаходячи хеш-значення, яке задовольняє певну умову.

Перший вузол, який вирішить головоломку, може транслювати перевірений блок у мережу блокчейну та отримує винагороду та комісію за транзакцію. Цей процес вирішення головоломки та отримання винагороди називається майнінгом. При організації онлайн-аукціону пропонується скористатися таким же алгоритмом при формуванні ставок користувачів, які є учасниками аукціону.

Розробка механізму формування ставок базується як на криптографії, так і на теорії ігор. Незважаючи на те, що протокол PoW широко використовується серед блокчейн-платформ, сумісність стимулів протоколу була піддана відкритому сумніву з точки зору теорії ігор. Причина полягає в тому, що досягнення консенсусу Накамото передбачає приєднання вузлів до мережі, виконання протоколу та підтримку реєстру. Вузли можуть відхилитися від протоколу, щоб збільшити свою власну корисність.

Наприклад, вузол може не транслювати свої нещодавно виявлені блоки, але вибрати утримання блоку, щоб збільшити його корисність. Вузол торгує між вартістю утримання блоку, який пов'язаний зі стратегіями інших вузлів, і винагородою за майнінг, а потім обирає свою стратегію.

Для аналізу взаємодії між цими консенсусними вузлами розробляються та застосовуються ігрові теоретичні моделі. На додаток до питань безпеки, управління майнінгом вузлів у блокчейні, наприклад,

розподіл обчислювальної потужності і розподіл винагороди, також використовує ігрові моделі для аналізу.

Крім протоколу Накамото, ігрові моделі також широко використовуються для аналізу сумісності стимулів з іншими консенсусними протоколами, наприклад, протоколом Proof of Stake (PoS). Тому, щоб легко зрозуміти застосування теорії ігор у блокчейні при організації онлайн аукціонів необхідно обґрунтувати модель, яка визначає стратегію гри.

2.5. Аналіз та обґрунтування моделей теорії ігор при реалізації онлайн-аукціону на основі блокчейн

Теорія ігор надає набір математичних інструментів для аналізу взаємодії між гравцями, які мислять раціонально і приймають відповідні рішення. У грі кожен гравець, який приймає рішення, обирає свою стратегію, щоб максимізувати свою корисність, враховуючи стратегії інших гравців. Нижче наведено короткий опис підходів теорії ігор, які широко застосовуються для аналізу взаємодії в мережі блокчейн. Для тлумачення визначення гри нижче наведено деякі важливі терміни.

«Гравець» – гравець приймає рішення в грі. У блокчейні гравці можуть бути майнерами, пулами майнінгу або користувачами блокчейну.

«Корисність» – виграш, відсоток або дохід, що відображає очікуваний результат гравця. Через різні стратегії, які вузли використовують для максимізації власної користі, вузли можуть приєднувати нові перевірені блоки до різних блоків у блокчейні, і таким чином з'являються розгалужені ланцюги.

«Стратегія» – описує поведінку гравця, тобто набір його дій, виборів або рішень, які можна виконати для досягнення очікуваного результату. Загалом, корисність гравця визначається не лише на основі власної стратегії гравця, а й стратегії інших гравців.

«Раціональність» – гравець є раціональним, тобто егоїстичним, якщо гравець завжди максимізує власний вигаш.

2.5.1. Гра без співпраці (некооперативна гра)

У грі без співпраці гравці не взаємодіють шляхом формування коаліцій або досягнення угод. Загалом, термін «некооперативний» не означає, що гравці не співпрацюють один з одним, але це означає, що будь-яка співпраця, яка може виникнути, не повинна передбачати обміну стратегіями між гравцями. Іншими словами, стратегія, яку приймає гравець, має бути спонтанною, а кожен гравець – раціональним.

Розглянемо мережу блокчейн, у якій учасники аукціону, як гравці, стратегічно інвестують у обчислювальну потужність, щоб конкурувати за винагороду від успішного майнінгу. Майнери раціональні, і гру без співпраці можна використовувати для моделювання взаємодії між майнерами. Припустимо, що є N майнерів, тобто гравців, і P_i є набором стратегій майнера i , де $P = P_1 \times \dots \times P_N$ є декартовим добутком наборів окремих стратегій.

Нехай $p_i \in P_i$ буде стратегією i -го майнера. Вектором стратегій для N майнерів є $p = (p_1; \dots; p_N)$, а вектором відповідних вигашів є $\pi = (\pi_1(p); \dots; \pi_T(p)) \in R^N$, де $\pi_i(p)$ є корисністю i -го гравця, наприклад, винагорода за майнінг або комісія за транзакції, враховуючи обрану майнером стратегію та стратегії інших.

Кожен майнер обирає найкращу стратегію p^* і для максимізації своєї корисності. набір стратегій $p^* = (p_1^*; \dots; p_N^*) \in P$ представляє рівновагу Неша, якщо жоден учасник аукціону не може отримати вищу корисність шляхом зміни власної стратегії, коли стратегії інших учасників залишаються незмінними, тобто

$$\forall i, p_i \in P_i: \pi_i(p_i^*, \bar{p}_i^*) \geq \pi_i(p_i, \bar{p}_i^*), \quad (2.2)$$

де $p_i = (p_1; \dots; p_{i-1}; p_{i+1}; \dots; p_N)$ – вектор стратегії всіх майнерів, крім майнера i . Нерівність (2.2) демонструє рівноважний стан гри. У рівновазі Неша гравці не мають стимулів відхилитися від своїх поточних стратегій. Однак у деяких випадках не існує рівноваги за Нешем або існують множинні рівноваги.

Таким чином, для аналізу некооперативної гри важливо перевірити існування та унікальність рівноваги Неша. Існування та єдиність теорії рівноваги демонструє, що строго «увігнута» гра (парабола) може досягти єдиної рівноваги асимптотично. Тут «увігнута гра» означає, що функції корисності гравців є «увігнутими», і це можна довести шляхом обчислення похідної другого порядку функції корисності. Теорію некооперативності можна застосувати до широкого діапазону сценаріїв, заснованих на блокчейні. Наприклад, його можна використовувати для розподілу обчислювальної потужності або вибору ланцюга розгалуження. Крім того, його можна використовувати для вибору пулу щодо розподілу винагород за майнінг.

На платформі, заснованій на блокчейні, теорія некооперативної гри застосовується для аналізу взаємодії між користувачами блокчейну та майнерами, наприклад, обміну між покупцями та продавцями в мережі блокчейн. Крім того, він широко використовується в аналізі проблем безпеки в межах блокчейну, наприклад, атак блокування пулу. При організації онлайн-аукціонів доцільно використовувати некооперативний тип гри при взаємодії учасників та організаторів аукціону.

2.5.2. Гра розгорнутої форми

Вищезгадану некооперативну гру можна використовувати для аналізу як статичної гри, тобто гри, яка не має поняття про час і жоден гравець не має жодних відомостей про дії інших гравців наперед, так і динамічної гри, тобто гри в якій створюють стратегії гравців дотримуючись певного заздалегідь визначеного порядку.

Динамічну гру можна представити в розгорнутій формі, щоб проілюструвати послідовність можливих ходів гравців, їхній вибір у кожній точці прийняття рішення, інформацію, яку має кожен гравець про ходи інших гравців, і їхні виграші за всі можливі результати гри.

У теорії ігор гра в екстенсивній формі описує взаємодію між гравцями за допомогою дерева гри, яке ілюструє рішення, прийняті в різних точках, і їхні виграші, представлені в кінці кожної гілки. Розглянемо сценарій вибору ланцюга розгалуження, майнер вибирає певний ланцюг для майнінгу на початку кожного раунду змагання з майнінгу, враховуючи дії інших гравців у попередніх раундах майнінгу.

У деяких точках блокчейн розгалужується і веде до структури, схожій на розгалужене дерево. Таким чином, деревоподібна гра екстенсивної форми може бути ефективно застосована для аналізу, як показано на рис. 2.3, у якій гравці можуть вибирати між двома ланцюжками для майнінгу.

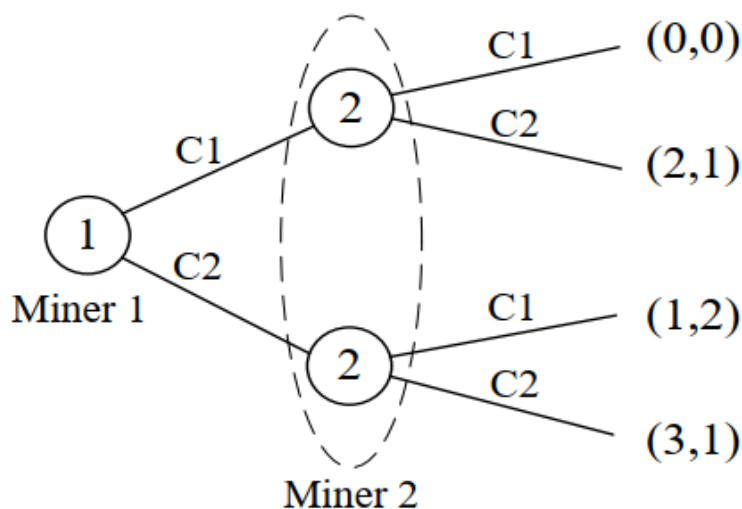


Рис. 2.3. Приклад деревовидної гри і прийняття рішень

Як видно з рис. 2.3, у грі (аукціоні) бере участь два гравці (учасники). Початковий вузол належить «Учаснику 1», тобто він створює свою стратегію першим. Даний учасник вибирає між ланцюгом 1, тобто C_1 , і

ланцюгом 2 – C_2 . Учасник 2 вибирає між C_1 і C_2 після спостереження за діями учасника 1.

При цьому існує чотири виграші, представлені чотирма кінцевими вузлами дерева гри: (C_1, C_1) , (C_1, C_2) , (C_2, C_1) і (C_2, C_2) . Припустимо, що гра великої форми складається з багатьох менших ігор, тобто підігор.

Кожну підгру можна виразити як статичну некооперативну гру. Набір стратегій $p^* = (p_1^*; \dots; p_N^*) \in P$ є ідеальною рівновагою субгри, якщо він представляє рівновагу Неша кожної з них.

Поширеним методом отримання ідеальної рівноваги в субіграх у грі екстенсивної форми є зворотна індукція. Зворотна індукція спочатку розглядає рішення, яке може бути прийнято під час останнього ходу, а потім міркує від кінця проблеми до попереднього кроку, поки індукція не досягне першого ходу гри.

У грі, представленій на рис. 2.3, якщо учасник 1 вибере C_2 , учасник 2 вибере C_1 , щоб максимізувати свою корисність, то учасник 1 отримає 1. Якщо учасник 1 обере C_1 , а учасник 2 вибере C_2 , то перший отримає 2.

Таким чином, учасник 1 віддає перевагу вибору C_1 , а майнер 2 вибирає C_2 . Стратегії учасників забезпечують рівновагу Неша для кожної субгри і таким чином досягають ідеальної рівноваги.

На платформі, заснованій на блокчейні, гра в розширеній формі застосовується для вибору входу на ринок блокчейну, вибору транзакцій, які будуть включені в блок, і оптимізації розподілу винагороди за майнінг пулу. Гру великої форми також було прийнято для аналізу проблем безпеки в блокчейні. Її використовували для аналізу вибору форк-ланцюга, визначення формування змови та шахрайства серед користувачів блокчейну.

2.5.3. Гра Штакельберга.

Подібно до гри екстенсивної форми, іншою грою, яка включає в себе певні попередньо визначені впорядковані стратегії гравців, є гра Штакельберга.

У грі Штакельберга серед гравців є лідери та послідовники. Послідовники вирішують свої стратегії після спостереження за стратегіями лідерів. Як лідери, так і послідовники, як правило, раціональні, прагнучи максимізувати власні корисності. Щоб зрозуміти, як працює гра Штакельберга, розглянемо периферійну обчислювальну мережу на основі блокчейну, яка включає двох гравців, тобто постачальника послуг і майнера.

Постачальник послуг володіє обчислювальною потужністю, яку можна запропонувати майнеру як послугу, і постачальник може встановити ціну послуги, щоб стягувати плату для отримання прибутку.

Майнер оптимізує свою потребу в обчислювальній потужності для постачальника, щоб максимізувати свою корисність, беручи до уваги його вартість. Таким чином, спочатку постачальник послуг встановлює ціну, а потім майнер визначає свій попит. Отже, гру Штакельберга можна використовувати для моделювання взаємодії між постачальником послуг і майнером.

Припустимо, що P_1 і P_2 є наборами стратегій постачальника послуг і майнера відповідно. Постачальник послуг обирає свою стратегію p_1 із набору P_1 , щоб максимізувати свій виграш $\pi_1(p_1; p_2)$, а майнер обирає свою стратегію p_2 із набору P_2 , щоб максимізувати свій виграш $\pi_2(p_1; p_2)$.

Задачі оптимізації лідера та послідовника разом утворюють гру Штакельберга. Метою такої гри є знаходження рівноваги Штакельберга. Означення 1. Нехай $BR_2(p_1)$ визначає найкраще відображення відповіді послідовника. Тоді точка $(p_1^*; p_2^*)$ називається рівновагою гри Штакельберга гри, якщо виконуються такі умови:

$$- p_2^* \in BR_2(p_1^*);$$

$$- p_1^* \in \arg \max_{p_1} \max_{p_2 \in BR_2(p_1)} \pi(p_1, p_2).$$

Щоб знайти рівновагу Штакельберга, зазвичай, використовується метод зворотної індукції. Оскільки лідер спочатку обирає свою стратегію, а потім послідовник обирає свою стратегію, стратегія Штакельберга гарантує постачальнику послуг досягнення свого виграшу принаймні такої ж, як і відповідна рівновага Неша. Причина полягає в тому, що, обираючи стратегію Штакельберга, постачальник послуг фактично оптимізує своє рішення, що максимізує його корисність. Ця функція робить гру придатною для багатьох сценаріїв у додатках на основі блокчейну.

Наприклад, гра Штакельберга використовується для встановлення комісії за транзакції та вибору майнерів для перевірки, визначення ціни кіберстрахування та аналізу співвідношення попиту та пропозиції на периферійній обчислювальній платформі на основі блокчейн.

2.5.4. Стохастична гра

Стохастичну гру можна розглядати як кілька статичних некооперативних ігор, які повторюються з часом. Кожна статична некооперативна гра називається станом гри. Стохастична гра виконує стохастичні переходи між станами гри.

У стохастичній грі гравці можуть змінювати свої стратегії на основі минулих дій і поведінки переходів інших гравців. Таку гру можна ефективно застосовувати для аналізу вибору майнерами ланцюжків для майнінгу щодо переходів у структурі блокчейна.

Стохастична гра зазвичай складається зі скінченного набору гравців – I , наприклад майнерів, простору M станів, наприклад структур блокчейну, набору стратегій S та ймовірності P від $M \times S$.

Кожен майнер має функцію виграшу g_n , яку часто вважають дисконтованою сумою виграшів етапу. Гра починається з початкового стану

m_1 , а на етапі t кожен майнер спостерігає за структурою блокчейну m_t , а потім обирає свою стратегію s_t^i , тобто вибирає ланцюжок для майнінгу.

Кожен учасник отримує негайну виплату g_n^i , пов'язану з поточним станом і стратегіями майнерів. Потім гра переходить у новий стан $m_t + 1$. Процес гри повторюється до тих пір, поки не буде досягнуто загального рішення, що називається ідеальною рівновагою Маркова, яка є уточненням ідеальної рівноваги субгри.

Ідеальна рівновага Маркова – це набір стратегій, які досягають рівноваги Неша кожного стану стохастичної гри. У випадку вибору форк-ланцюга, дотримання протоколу Накамото, тобто майнінг на найдовшому ланцюжку, є рівновагою Маркова. Окрім вибору ланцюга, стохастичну гру можна використовувати для управління майнінгом. Наприклад, вибір між інвестуванням у обчислювальну потужність або відходом від майнінгу та вибором ланцюжка для майнінгу. Крім того, стохастична гра також широко застосовувалася для вирішення питань безпеки. Її використовували для аналізу вибору між чесним майнінгом і егоїстичним майнінгом, рішення про правильний час для звільнення видобутого блоку і вибору додавання блоку в ланцюжок.

2.6. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. Проведено концептуальне моделювання аукціону та визначено основні структурні і поведінкові особливості їх організації, що дало змогу здійснити та адаптувати методи теорії ігор для підвищення гнучкості при визначенні стратегії формування ставок учасниками аукціону та його організатором.

2. Запропоновано метод інтеграції властивостей технології блокчейн для підвищення безпеки транзакцій при організації аукціонів, що дало змогу в подальшому впровадити їх у вигляді мультиагентної комп'ютерної

системи з високим рівнем достовірності транзакцій та можливістю відслідковування змін через відповідні агенти.

3. Запропоновано метод імплементації елементів теорії ігор, зокрема, гри без взаємодії, що дало змогу підвищити ефективність проведення англійських аукціонів за рахунок оптимізації стратегій учасників аукціону та безпечної комунікації на основі консенсусних протоколів між агентами.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ АУКЦІОНІВ НА ОСНОВІ БЛОКЧЕЙН І ТЕОРІЇ ІГОР

3.1. Аналіз можливостей реалізації розподіленої мультиагентної системи аукціонів

Загально відомо, що аукціони забезпечують цілісне вирішення проблеми дискретного розподілу ресурсів між різними агентами в багатоагентній системі [5,7]. Існує багато типів аукціонів, включаючи аукціони одного товару, кількох одиниць, комбінаторні аукціони та подвійні аукціони. Аукціони представляють собою особливий клас програмного забезпечення з багатьма додатками при проведенні транзакцій електронної комерції [7, 12]. Зокрема, аукціони корисні для торгівлі в таких сферах: ліцензії на використання радіочастот, ринки електроенергії, права на викиди, лоти для зльоту та посадки в аеропортах, права на використання природних ресурсів (наприклад, видобуток нафти), продаж предметів колекціонування, антикваріату, предметів розкоші та вживаних товарів, контракти на державні закупівлі, іноземна валюта, тощо. [4].

Оскільки онлайн-аукціони поширювалися з появою Інтернету, було запропоновано багато типів онлайн-додатків для аукціонів, включаючи каталоги аукціонів, топ-аукціони, мета-аукціони та сервери аукціонів [3].

Нещодавно дослідження були зосереджено на розробці більш загальних, гнучких і багаторазово використовуваних аукціонних рішень, з метою підвищення потенціалу для застосування як у секторах B2C, так і B2B.

У цьому контексті застосування агентних систем запропоновано як новий підхід, який переносить ідею аукціонного сервісу з Інтернету, керованого людьми, у світ програмних агентів [13, 18].

У кваліфікаційній роботі досліджується конкретний приклад англійських аукціонів. У цьому випадку продавець (або аукціоніст, який представляє продавця) оголошує початкову ціну на товари (використовуючи налаштування додатка електронної комерції), а учасники аукціону роблять ставки, що збільшуються, протягом попередньо визначеного періоду часу, як правило, з мінімальним кроком, встановленим продавцем.

Наприкінці процесу торгів переможцем англійського аукціону оголошується агент, який зробив найвищу ставку. Потрібно звернути увагу на те, що у даному випадку буде використовуватися технологія блокчейн, теорія ігор та модель англійського аукціону, яка керується термінами, а не модель часу бездіяльності. При цьому проводиться аналіз, проектування та впровадження відкритої гнучкої інфраструктури для автоматизованої комунікації на основі агентів.

При проектуванні та реалізації комп'ютерної системи важливо підкреслити переваги використання мультиагентних систем і найсучасніших агентських фреймворків, а також додаткового програмного забезпечення [10, 13] при розробці аукціонного сервера. Тут основна увага зосереджена на застосуванні чистих принципів розробки програмного забезпечення (абстракції та модульності), а також на оцінці та покращенні продуктивності та масштабованості реалізації. Аспекти масштабованості та продуктивності додатково розширюються завдяки використанню кластерної реалізації.

Розробка інструменту, який можна використовувати для онлайн-аукціонів у системах B2C також є однією з цілей кваліфікаційної роботи. Вона досягається шляхом зосередження уваги на деталях включення сервера аукціонів на основі агента у веб-додаток для онлайн-аукціонів. Пропоноване рішення на основі агента для аукціонного сервера поєднує в собі найкращі характеристики:

- загальна програмна платформа для автоматизації комунікації між учасниками аукціону
- архітектура ринку для розвитку аукціону;
- засноване на правилах декларативне представлення механізмів аукціону;
- спеціальні обчислювальні вузли, наявні в активних мережах і реалізовані за допомогою проксі-агентів [9];
- агентна сервіс-орієнтована архітектура.

Отже, агент забезпечує певні функції, включаючи відкритість, загальність і масштабованість. Наприклад, за такого підходу аукціон розглядається як окрема послуга, а не як повна частина інфраструктури електронного магазину. Це можна також розглядати як вигреш у відкритості, оскільки сервіс тепер доступний для оренди та конфігурації електронним магазином, який хотів би продавати свої продукти через аукціон, наприклад для швидкого продажу товарів.

Загальність впливає з того факту, що електронний магазин тепер може вибрати найбільш відповідний аукціонний сервер залежно від таких факторів, як продуктивність, надійність або зручність послуги.

Масштабованість впливає з підходу, який поєднує використання проксі-агентів із дворівневими збалансованими деревоподібними структурами для обробки заявок (ставок) учасників.

Також увага зосереджується на аналізі зовнішніх функціональних можливостей, реалізації та зручності використання прототипу онлайн-аукціонної системи, яка включає сервер аукціонів на основі агента.

При реалізації програмно-апаратного рішення щодо реалізації платформи для проведення аукціонів пропонується покращити архітектуру існуючих серверів аукціонів на основі агентів шляхом звільнення центрального агента від частини навантаження, спричиненого великим потоком щодо опрацювання повідомлень. Базуючись на ідеї, яка спочатку була запропонована [9], для покращення продуктивності систем он-лайн

аукціону з використанням спеціальних обчислювальних вузлів, доступних у активних мережах, також пропонується покращити систему за допомогою інтеграції сторонніх проксі-агентів. Кожен проксі-агент займатиметься частиною комунікації з учасниками аукціону. Таким чином, менеджер аукціону не буде отримувати всі ставки від учасників, а учасники поділяються на групи, які не перетинаються і кожною групою керує один проксі-агент.

Учасники інтенсивно комунікують зі своїми проксі-серверами, тоді як проксі-сервери передають агенту менеджеру аукціону лише відповідні ставки, тоді як інші ставки відфільтровуються та обробляються локально. Це дає змогу зменшити кількість повідомлень, які опрацьовує менеджер аукціону.

Варто відмітити, що зв'язок між двома агентами відбувається швидше, якщо вони розташовані на одній машині, а не на різних. Коли сервер аукціону розподілено на кількох комп'ютерах, деяким агентам доведеться обмінюватися повідомленнями через мережу, таким чином збільшуючи інтенсивність, час зв'язку і час відгуку сервера.

Таким чином, за допомогою такого рішення покращується продуктивність взаємодії між агентами, коли сервер розподілено на кількох комп'ютерах, утримуючи, коли це можливо, проксі-агенти на одній машині з їхніми агентами учасниками.

Незважаючи на це, повної автоматизації процесів електронної комерції, ймовірно, неможливо досягти, і тому участь людини через відповідну онлайн-систему завжди буде необхідною. Тому важливим є інтеграція запропонованого серверу аукціонів на основі агентів у придатну для використання систему онлайн-аукціонів, яка дозволяє безпосередньому залученню користувача до аукціонів через веб-графічний інтерфейс користувача.

Крім того, існує чітка специфікація обміну інформацією між агентними та неагентними програмними компонентами системи, що особливо цікаво з точки зору розробки програмного забезпечення.

У цьому контексті особлива увага також приділяється неоднорідності різних протоколів передачі даних (наприклад, HTTP, FIPA, передача параметрів через виклик методу тощо) і програмні технології (веб-технології проти технологій програмного агента), які використовуються для впровадження системи.

3.2. Типи агентів та їх функції

При реалізації сервера онлайн аукціонів використано декілька типів агентів. Сервер аукціону розроблено для підтримки інноваційної концепції загальної аукціонної служби на основі агентів. Він представлений набором взаємодіючих агентів, які комунікують всередині сервера, а також із його зовнішнім середовищем за допомогою протоколів взаємодії агентів. Програмна інфраструктура сервера містить типи агентів, зображені на діаграмі класів, які показано на рис. 3.1.

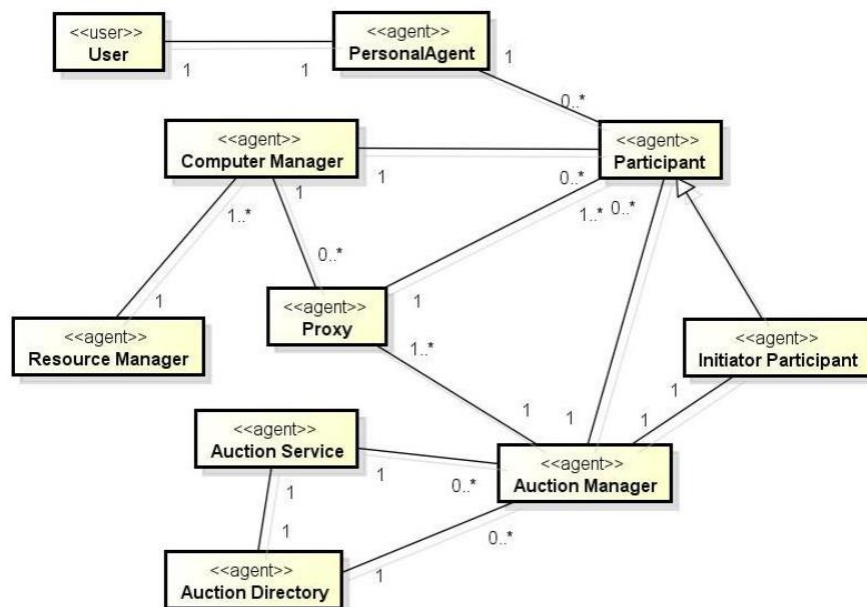


Рис. 3.1. Агенти сервера онлайн аукціону

Сервер аукціону насправді складається з трьох основних частин або рівнів: ядра, менеджера ресурсів та інтерфейсу.

3.2.1. Рівень інтерфейсу сервера

Персональний агент, агент-учасник і агенти-учасники-ініціатори складають рівень, який реалізує інтерфейс сервера з його зовнішнім середовищем.

Персональний агент знаходиться на стороні сервера та з'єднує користувача з сервером аукціону. Для кожного користувача, зареєстрованого на сервері, формується лише один персональний агент. Цей агент отримує дані від користувача через зовнішній інтерфейс. Це може бути досягнуто безпосередньо, тобто персональний агент може включати інтерфейс користувача, або за допомогою комунікаційного програмного забезпечення, яке з'єднує персонального агента із зовнішнім графічним веб-інтерфейсом користувача. Між іменем користувача та ідентифікатором відповідного персонального агента існує однозначне відображення.

Щоразу, коли користувач підключається до сервера, як правило, за допомогою зовнішньої програми (наприклад, графічного інтерфейсу користувача або веб-браузера), зрештою створюється новий особистий агент, який призначається користувачеві (якщо такий агент ще не активний на сервері). Далі виконується налаштування сервера для використання у веб-середовищі із застосуванням технології сервлетів на стороні сервера.

У цьому випадку сервлет відповідає за спілкування з персональним агентом, коли користувач увійшов до системи, за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Персональний агент дозволяє користувачеві виконувати такі операції:

- створити новий аукціон;
- підписатися на існуючий аукціон;
- подавати ставки на один із своїх підписаних аукціонів через свого агента-учасника;

- отримувати сповіщення про оновлення статусу своїх підписаних аукціонів;
- отримувати акцепти та відхилення поданих пропозицій.

Персональні агенти можуть бути суттєво вдосконалені за допомогою складної поведінки (наприклад, поведінки, специфічної для архітектури Belief-Desire-Intention (BDI) і мов програмування агентів), що дозволить їм справді автономно працювати для кращого обслуговування інтересів і цілей користувача.

Агент-учасник представляє персонального агента, який обслуговує користувача (зазвичай у ролі покупця чи продавця, хоча роль аукціоніста також може використовуватися, наприклад, у подвійних аукціонах), зареєстрованого та залученого до конкретного аукціону.

Для кожного користувача, зареєстрованого для участі в аукціоні, на сервері є пов'язаний агент-учасник. Агенти-учасники підпорядковуються безпосередньо та зрештою отримують замовлення від свого особистого агента.

Учасник-ініціатор – це спеціальний агент-учасник, який представляє користувача та має роль створення та ініціювання аукціону. Наприклад, в англійському аукціоні учасник-ініціатор представляє користувача, який виконує роль продавця, тоді як решта учасників представляють користувачів, які виконують роль покупців.

Зазвичай, коли користувач ініціює аукціон, він також може вказати умову, яка ініціює початок аукціону (якщо ця умова відсутня, тоді вона вважається істинною за замовчуванням, що означає, що аукціон розпочнеться одразу після створення). Прикладом початкової умови є заздалегідь визначений час початку аукціону або реєстрація мінімальної кількості учасників.

3.2.2. Рівень ядра системи при організації аукціонів

Ядро сервера представляється у вигляді сервісу аукціону, менеджера, директорії та проксі-агентів. Цей рівень відповідає за управління аукціонами та за координацію учасників шляхом впровадження правил, якими регулюється аукціон.

Сервіс або служба аукціонів – це агент, який керує всіма активними аукціонами, зареєстрованими на сервері. Цей агент є точкою входу в аукціонний сервіс і відповідає за створення нових аукціонів, а також за реєстрацію нових учасників на активний аукціон.

Менеджер аукціону керує одним активним аукціоном на сервері (також відомий як екземпляр аукціону). Менеджер аукціону координує учасників, зареєстрованих для активного аукціону. Для кожного активного аукціону в системі є окремий агент менеджера аукціону. Він реалізує певний тип аукціону, у даному випадку англійський.

Управління активними аукціонами включає в себе дії, які зазвичай відбуваються під час аукціону, а саме: створення аукціону, проведення торгів, укладання угоди та припинення аукціону.

Менеджер аукціону створюється сервісом аукціону, коли користувач хоче продати продукт. На менеджера аукціону покладено наступні обов'язки:

- вимагати створення та ліквідації проксі-агентів;
- вимагати створення агента учасника та призначати йому права проксі агента;
- сповіщати всіх проксі-агентів, коли значення найвищої ставки було оновлено;
- приймати або відхиляти заявки від агентів-учасників, які пересилаються агентами-проксі;

- керувати параметрами аукціону, включаючи: назву аукціону, початкову ціну, назву продукту, дати початку та завершення, а також статус аукціону (наприклад, поточна найвища ставка);
- ініціювати припинення аукціону після закінчення часу шляхом інформування всіх проксі-агентів про завершення аукціону;
- фіксувати переможця та остаточну ціну аукціону.

Агент директорії аукціону керує реєстром активних аукціонів, а також ідентифікаторами пов'язаних з ними агентів менеджерів. Потенційні учасники аукціону можуть шукати в цьому реєстрі активний аукціон, який відповідає їхнім вимогам.

Кожен проксі-агент обробляє ставки, отримані від підмножини агентів-учасників. Агенти-учасники розбиті на групи, які не перетинаються і кожною групою керує один агент-проксі.

Агенти-проксі та агенти-учасники пов'язані у збалансовану дворівневу ієрархічну структуру, що базується на менеджері аукціону, так що загальна кількість агентів-проксі щонайбільше дорівнює кількості агентів-учасників, пов'язаних з кожним агентом-проксі.

Використовуючи цей критерій балансування, можна скоротити час обробки вхідних заявок. Під час ставок агенти-учасники інтенсивно комунікують зі своїми проксі-агентами, тоді як проксі-агенти передають агенту менеджеру аукціону лише релевантні ставки, а інші ставки відфільтровуються та обробляються локально. Це дає змогу зменшити кількість повідомлень, які опрацьовує менеджер аукціону, що призводить до збільшення часу відповіді сервера. Варто відмітити, що це особливо важливо у передбачуваній моделі англійського аукціону (керованого кінцевим терміном), де велика кількість ставок може матеріалізуватись ближче до кінцевого терміну аукціону (через відрізання).

Проксі-агенти утворюють проміжний рівень між менеджером аукціону та агентами-учасниками. Їх основна відповідальність полягає в тому, щоб взяти на себе частину навантаження, необхідного для

опрацювання заявок, що спочатку було виключною відповідальністю менеджера аукціону [2].

Кожен проксі-агент записує поточну найвищу локальну ставку (яка може відрізнятись від поточної найвищої ставки аукціону, зафіксованої менеджером аукціону) і регулярно оновлює її на основі повідомлень, отриманих від менеджера аукціону, і ставок, отриманих від агентів-учасників.

Обов'язки проксі-агента:

- відфільтрувати ставки, отримані від агентів-учасників, передаючи менеджеру аукціону лише ті ставки, які відповідають правилу покращення, тобто вищі за місцеву найвищу ставку, відому проксі-серверу;
- повідомляти агентів учасників про прийняття або відхилення їх пропозицій;
- отримувати сповіщення про оновлення поточної найвищої ставки від менеджера аукціону;
- повідомляти агентів учасників після отримання такого оновлення від менеджера аукціону; локальна найвища на даний момент ставка проксі також оновлюється.

Припустимо, що в середньому проксі-агент керує k агентами-учасниками і що загальна кількість проксі-агентів становить p . Це означає, що загальна кількість учасників становить $n = p \times k$.

Згідно з моделлю координації англійського аукціону, щоразу, коли менеджер аукціону приймає нову ставку, усі учасники повинні бути повідомлені про це, і цей процес, очевидно, потребуватиме часу $O(n)$.

Однак із новим ієрархічним підходом на основі проксі час становитиме $O(p+k)$. Це значення можна оптимізувати до $O(pn)$ для n агентів-учасників, якщо встановити обмеження, що кількість учасників, якими керує кожен проксі-агент, ніколи не перевищуватиме загальну кількість проксі-агентів, підключених до менеджера аукціону, тоді як

кількість проксі-агентів збільшується щоразу, коли це дійсно необхідно для керування всіма зареєстрованими агентами учасниками.

В основному це означає, що $p \sim k$ за яким можна отримати середній час $O(pn)$, необхідний для опрацювання ставки. Проксі-агенти та агенти-учасники пов'язані у збалансовану дворівневу ієрархічну структуру, що базується на менеджері аукціону, так що максимальна кількість агентів-учасників, пов'язаних із кожним проксі-агентом, щонайбільше дорівнює загальній кількості проксі-агентів.

Динамічне створення та знищення проксі-агентів враховуватиме збереження цієї вимоги балансування. Приклад, що демонструє подробиці взаємовідносин між менеджером аукціону, проксі-агентами та агентами-учасниками, представлено на рис. 3.2.

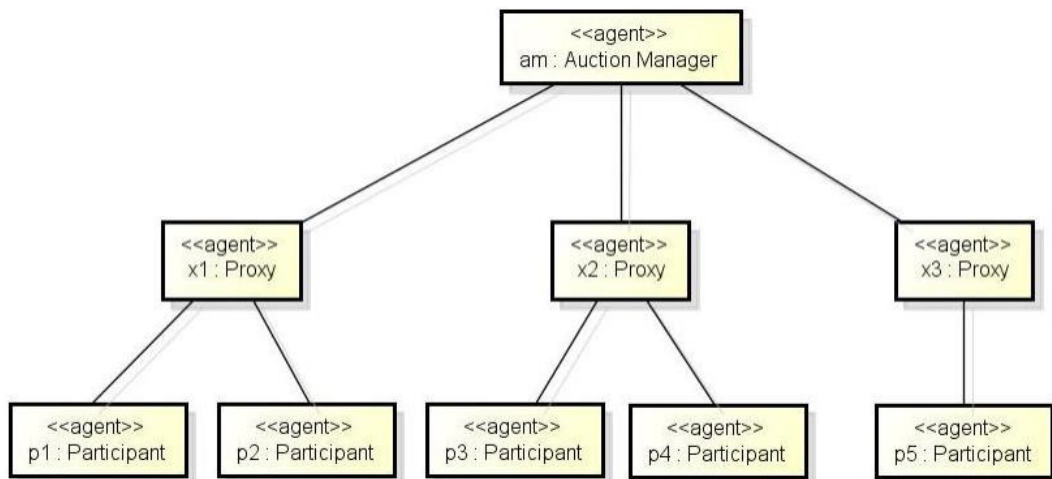


Рис. 3.2. Взаємодія між різними типами агентів

На рис. 3.2 показано 5 агентів-учасників $p1, \dots, p5$, які зареєстровані на той самий аукціон. Припустимо, що учасники зареєструвалися на аукціоні в такому порядку. Коли учасник $p5$ зареєструвався, на сервері були присутні лише 2 проксі-агенти $x1$ і $x2$. Згідно з критерієм балансування, реєстрація нового агента-учасника $p5$ ініціювала створення нового проксі-агента $x3$, а також посилання $p5$ на $x3$.

Новий агент-учасник p_5 не може бути призначений одному з існуючих проксі-агентів, оскільки це означатиме, що принаймні один із них матиме 3 агенти-учасники, тоді як кількість проксі-агентів дорівнює 2. Отже, необхідно створити новий проксі-агент x_3 .

Запити на створення та знищення прав видає менеджер аукціону. Проксі-агент створюється при появі нового учасника, і $n > p^2$, де n – загальна кількість учасників, включаючи новоствореного, а p – кількість проксі-серверів. Коли учасник виходить з аукціону, якщо $n \leq (p - 1)^2$, то проксі-сервер із найменшою кількістю учасників видаляється, де n — загальна кількість учасників (після видалення поточного учасника із сервера), а p – це поточна кількість проксі-серверів.

Агенти-учасники, які були пов'язані з проксі-сервером, який буде видалено, будуть рівномірно перерозподілені між іншими агентами-проксі-серверами з найменшою кількістю учасників. Нарешті, є проблема щодо того, що відбувається з проксі-агентами після завершення аукціону.

Англійський аукціон триває певний час, який встановлюється під час створення аукціону. За бажанням менеджер аукціону може продовжити цю тривалість на короткий період (тайм-аут, щоб уникнути проблем, які виникають через пізнє виставлення ставок), дозволяючи всім зацікавленим учасникам торгів подати свої ставки. Це рішення, яке використовується аукціонними серверами для підвищення їх справедливості [5]. Час проведення аукціону контролюється агентом-менеджером аукціону. Коли цей агент виявляє та оголошує аукціон припиненим, він інформує проксі-агентів про припинення аукціону та результат аукціону.

Отже, довірені агенти відхилятимуть майбутні пропозиції, подані учасниками торгів із неприпустимим запізненням. Крім того, проксі-агенти повідомлять про це своїх агентів-учасників, а агенти-учасники, у свою чергу, повідомляють свого персонального агента. Нарешті, агенти-учасники самоліквідуються. Цей процес може додатково ініціюватися у дереві самоліквідації проксі-агентів, щоб підтримувати баланс дерева.

Потрібно зауважити, що процес керування створенням та знищенням агентів-учасників і проксі-серверів можна вдосконалити за допомогою техніки керування пулами ресурсів і у цьому конкретному випадку були б наявні пули агентів на кожному комп'ютері мережі.

3.3.3 Ресурсний рівень

Агенти менеджер комп'ютера і ресурсний менеджер складають частину сервера, яка відповідає за керування обчислювальними ресурсами, на яких працює програмне забезпечення сервера. Коли сервер встановлено в комп'ютерній мережі, агенти менеджери комп'ютера відповідають за основне керування (тобто створення/знищення) агентів на кожній доступній машині.

Існує один агент менеджер комп'ютера для кожного ПК, який є частиною інфраструктури аукціонного сервера. Цей агент відстежує всіх агентів-учасників та проксі-агентів, які були створені та активовані на цьому комп'ютері. Агент менеджер комп'ютера отримує запити від агента ресурсного менеджера, які містять ім'я та тип агента, а потім відповідно формує агента на цьому комп'ютері.

Менеджер ресурсів містить реєстр усіх агентів типу менеджер комп'ютера із системи. Точніше кажучи, коли менеджер аукціону вирішить створити нового учасника або проксі-агента, він попросить менеджера ресурсів виконати цю операцію. Агент менеджер ресурсів відстежує кількість агентів, уже створених на кожній доступній машині. На основі цієї інформації він вирішує, де потрібно створити новий агент, і наказує створення відповідно до відповідного агента менеджера комп'ютера. Однак у більш загальних налаштуваннях можна розширити функціональні можливості агентів менеджерів комп'ютера для моніторингу ресурсів і мережевого навантаження кожного окремого комп'ютера сервера.

Потім ресурсний менеджер зможе формувати запити до агентів менеджерів комп'ютера, перш ніж вирішити, де (на якому комп'ютері) замовити створення нових агентів.

3.3. Алгоритми взаємодії між агентами

Тепер потрібно узагальнити протоколи для взаємодії з ядром аукціонного сервера. Згідно з розробленими протоколами, користувач в особі свого персонального агента може створювати аукціони, підписуватися на активні аукціони, подавати ставки, отримувати відповіді про прийняття або відхилення ставки, отримувати повідомлення про оновлення статусу аукціону та отримувати повідомлення про припинення аукціону та переможця аукціону.

Треба відмітити, що протоколи взаємодії зосереджені на тому, що відбувається «всередині» аукціонного сервера. Однак керування зв'язком між користувачем та його особистим агентом реалізується поза аукціонним сервером.

Новий аукціон створюється, коли персональний агент надсилає до служби аукціонів запит щодо створення аукціону (рис. 3.3).

Після першого кроку служба аукціону створює менеджер аукціону, який представляє новий аукціон. Керівник аукціону наказує створити нового агента-ініціатора-учасника, пов'язаного з персональним агентом користувача-продавця, а також нового проксі-сервера для цього учасника з менеджером ресурсів. Далі сервіс (служба) аукціону підтверджує персональному агенту створення ініціатора агента учасника. Опис аукціону також додається до каталогу аукціонів.

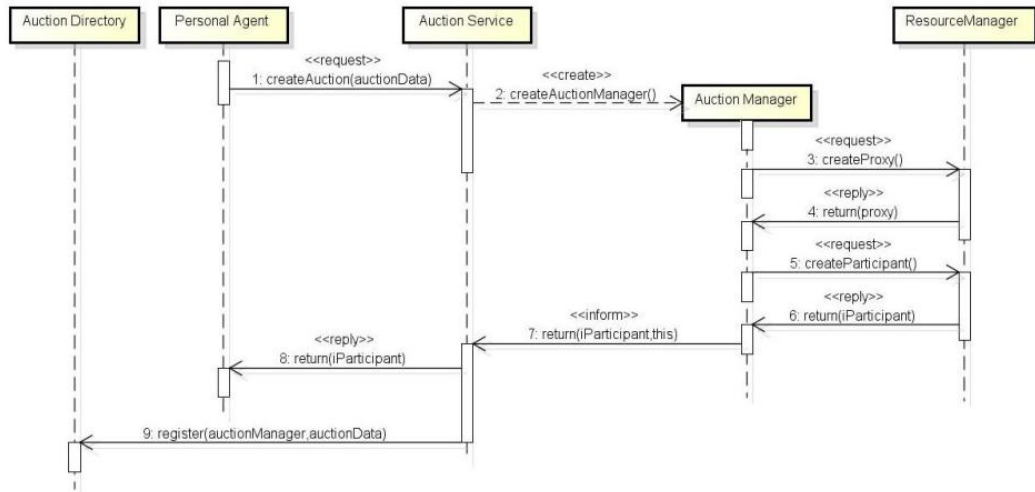


Рис. 3.3. Діаграма взаємодії при ініціюванні створення аукціону

Учасник-ініціатор та агенти-менеджери аукціону будуть далі взаємодіяти під час процесу аукціону. Персональний (особистий) агент може запитувати довідник аукціонів про активні аукціони (рис. 3.4).

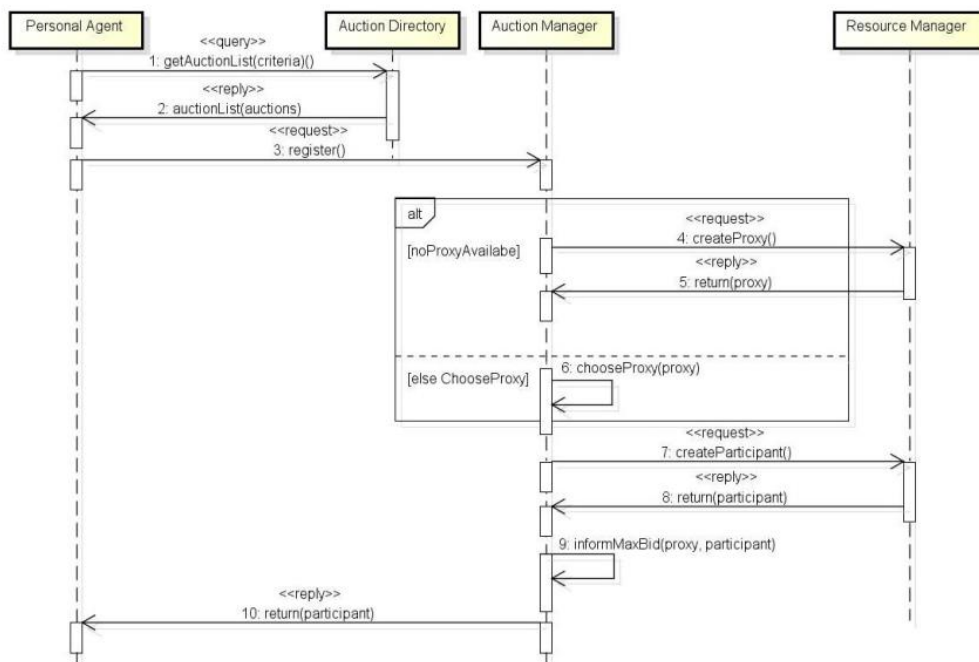


Рис. 3.4. Формування запиту активних аукціонів

Після формування запиту щодо активних аукціонів, персональний агент вибирає аукціон і зв'язується з менеджером цього аукціону, який має створити для нього учасника.

Менеджер аукціону вирішує створити нового агента-учасника та, за бажанням, нового проксі агента. Їх створенням займається ресурсний менеджер, тоді як власне створення виконує агент менеджер комп'ютера.

Менеджер аукціону просить агента менеджера ресурсів вибрати відповідний комп'ютер, де ці агенти будуть створені. Диспетчер ресурсів визначає цей комп'ютер і дає вказівку відповідному агенту диспетчера комп'ютерів виконати дію створення.

Коли комп'ютер досягає максимально прийняттого навантаження, слід використовувати інший комп'ютер. Якщо всі комп'ютери повністю завантажені, вибирається комп'ютер із найменшою кількістю проксі-серверів або учасників; однак очікується, що в таких ситуаціях продуктивність сервера погіршиться.

Усі агенти-учасники створюються на тому ж комп'ютері, що й їхні проксі-агенти. Обмін повідомленнями, необхідний для створення агентів-учасників і проксі-агентів, показаний на рис. 3.5.

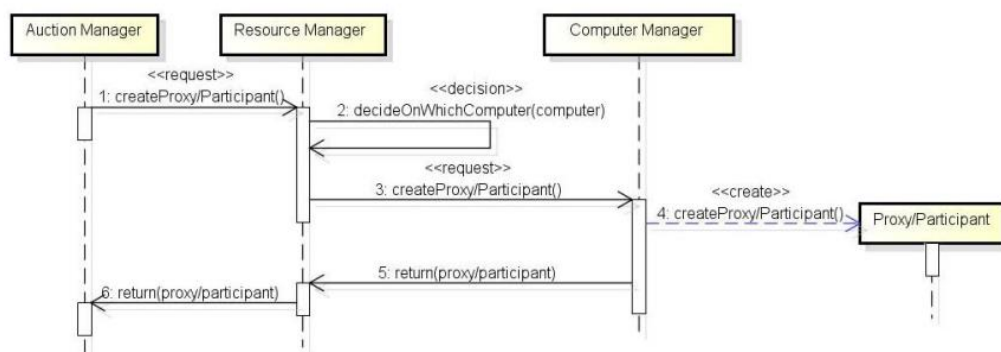


Рис. 3.5. Взаємодія між агентами при створенні проксі та агента учасника

Кожен агент-учасник надсилає свої ставки своєму призначеному Проксі-серверу згідно з протоколом, який представлений на рис. 3.6. Далі

проксі-сервер порівнює цю ставку з поточною найкращою ставкою. Вищі ставки повідомляються менеджеру аукціону, тоді як нижчі ставки відхиляються з повідомленням `rejectBid`.

Менеджер аукціону зберігає найвищу ставку (змінна стану `bestBid`) і відхиляє подані ставки, нижчі за `bestBid`. Потім проксі-агент повертає повідомлення про відмову кожному початковому учаснику, який не подав поточну найкращу ставку.

Якщо отримано ставку, вищу за найкращу ставку, менеджер аукціону відповідає проксі-серверу повідомленням з підтвердженням, яке передається вихідному учаснику. Якщо значення `bestBid` змінилося, менеджер аукціону повідомляє про це всіх проксі-агентів. Тоді кожен проксі поширить значення нової найкращої ставки своєму учаснику.

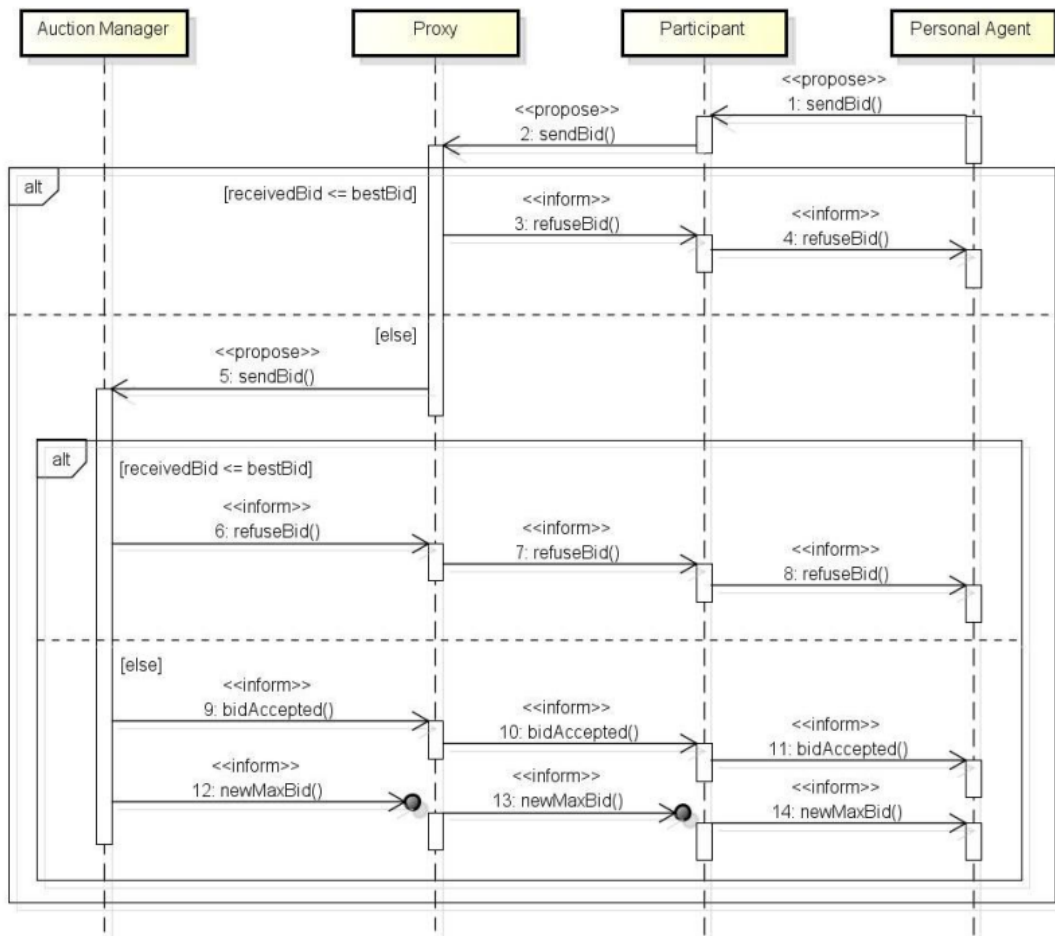


Рис. 3.6. Протокол формування ставок

У результаті проведеного проектування, одержано розподілену мультиагентну систему для забезпечення можливості проведення онлайн аукціонів, зокрема англійського. Така розподілена організація системи дає змогу інтегрувати в подальшому принципи технології блокчейн та алгоритми теорії ігор.

3.4. Архітектура і фрагменти клієнтського інтерфейсу мультиагентної комп'ютерної системи організації аукціонів

Спроектвана у роботі архітектура системи проведення аукціонів відповідає класичній взаємодії між стороною клієнта та веб-сервером, який комунікує з сервером аукціону. У зв'язку з цим реалізовано програмне забезпечення для зв'язування частини веб-сервера, яка не є агентським програмним забезпеченням, із сервером аукціону, який складається виключно з агентського програмного забезпечення на основі JADE. Архітектуру програмної складової системи для проведення аукціонів представлено на рис. 3.7.

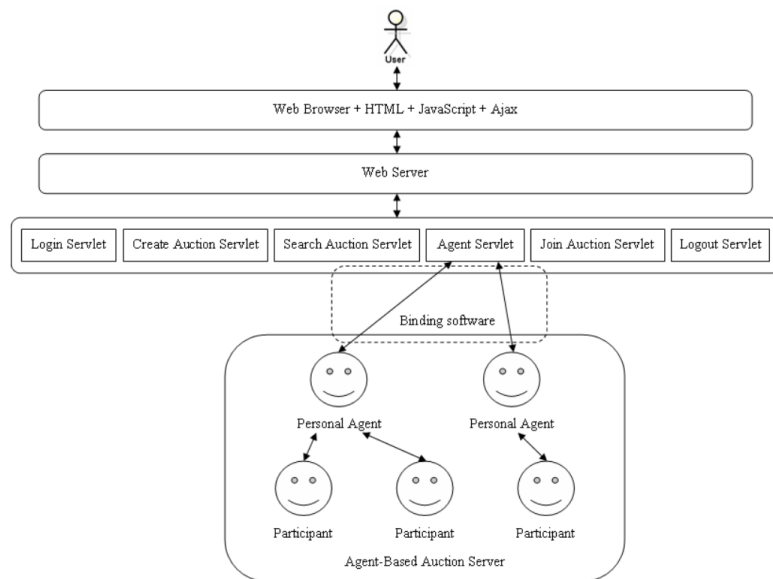


Рисунок 3.7. Архітектура системи

Як видно з рис. 3.7. система має багаторівневу архітектуру, що складається з наступних рівнів:

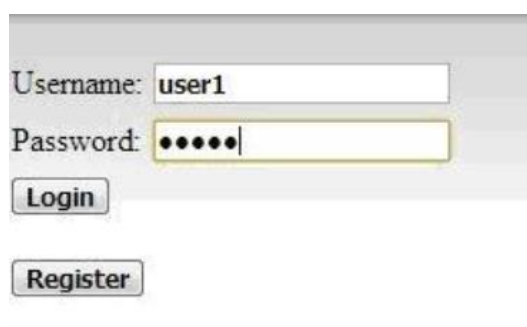
- рівень користувача – представляє клієнтську частину системи, яка складається з веб-браузера в поєднанні з вмістом HTML, включаючи код JavaScript, який завантажується з веб-сервера.

- веб-шар – підтримує функції взаємодії з користувачем. Він складається з веб-сервера, доповненого набором сервлетів Java, які реалізують користувацькі функції онлайн-додатку.

- сполучний шар – представлено програмним забезпеченням, яке забезпечує взаємодію неагентного програмного забезпечення веб-сервера з сервером аукціонів на основі агента. Це програмне забезпечення інкапсульоване в спеціальний сервлет під назвою Agent servlet, який може спілкуватися з платформою JADE.

- шар агента – представляє аукціонний сервер на основі агента, який було створено на основі платформи JADE.

Логіку функціонування онлайн-аукціону відображено на рівень користувацьких інтерфейсів. Користувачі входять у систему за допомогою графічного інтерфейсу, який показано на рис. 3.8.



The image shows a web-based login form. It contains two input fields: 'Username' with the text 'user1' and 'Password' with six dots. Below the password field is a 'Login' button. At the bottom of the form is a 'Register' button.

Рис. 3.8. Інтерфейс входу у систему

Форма, представлена на рис. 3.8 необхідна для передачі імені користувача та пароля на веб-рівень. Запит на вхід досягає відповідного сервлета входу. Потім облікові дані користувача перевіряються, і

користувачеві повертається HTML-сторінка з одним із двох можливих результатів:

- Якщо облікові дані неправильні, сторінка HTML повідомляє про помилку в браузері користувача
- В іншому випадку – сторінка HTML містить код JavaScript для взаємодії з AgentServlet.

Після взаємодії з сервлетом для кожного користувача створюється персональний агент. У даному випадку на рівні агента буде створено чотири особисті агенти (РА1, РА2, РА3, РА4). Форма для створення об'єкту аукціону показана на рис. 3.9.

Рис. 3.9. Форма створення об'єкту аукціону

Припустимо, що користувач U_1 створює два аукціони з позначками A_1 і A_2 (їх деталі наведено в таблиці 3). Для кожного аукціону формуються учасники (в даному випадку ініціатори) агенти $IPart_1$, $IPart_2$, а також агенти $AuctionManager_1$ і $AuctionManager_2$.

Взаємодія 1 на рис. 3.10 представляє початковий запит, надісланий U_1 для створення аукціону. Взаємодія 2 на рис. 3.10 представляє повідомлення HTTP-запиту, надіслане до сервлета AddAuction. Цей сервлет відповідає файлом HTML, що містить також код JavaScript для створення форми Create Auction GUI, показаної на малюнку 3.9.

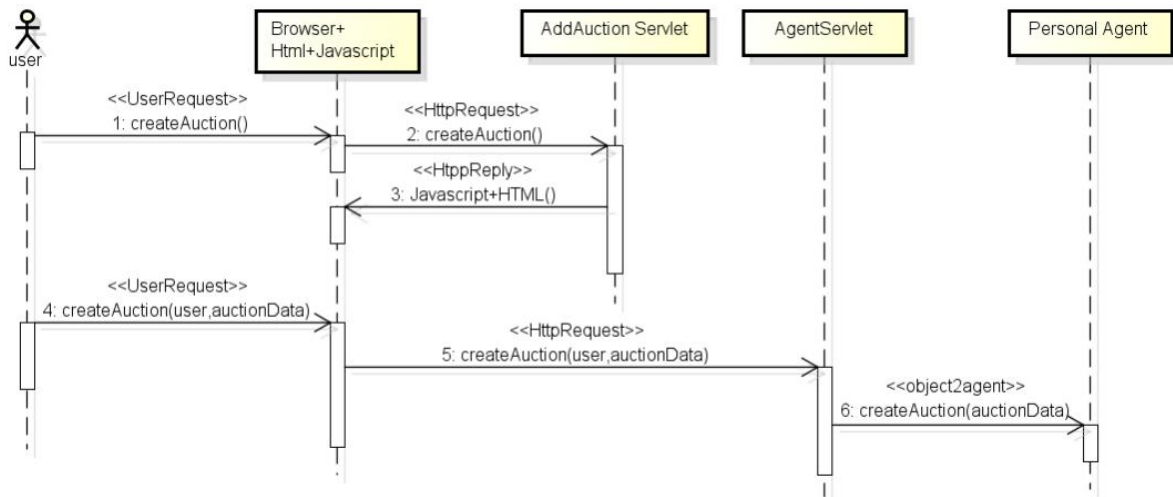


Рис. 3.10. Діаграма послідовностей ініціювання аукціону

Форма дозволяє користувачеві вводити опис продукту, як показано в табл. 3.1., який потім вони передається до *AgentServlet*. Даний сервлет формує запит до агента PA_1 для створення аукціону на рівні агента.

Таблиця 3.1

Деталізація параметрів аукціону

Аукціон	A_1	A_2
Назва продукту	Ноутбук	TV
Опис	I7, 32 GB RAM, 1 TB SSD	LCD, 81 cm
Початкова ціна	1 500\$	800\$
Інкремент	10	5
Тривалість аукціону	3 год.	5 год

Після налаштування параметрів аукціону учасники, які зареєстровані у системі можуть виконати пошук об'єкту та приєднатися до аукціону. Графічний інтерфейс пошуку даних та приєднання до аукціону користувача системи показано на рис. 3.11.

Category **technology** ▾
 Subcategory **computers** ▾
 ProductName:
 ProductPrice:
 AuctionType:

ProductName	Description	StartingPrice	AuctionType	Join
Desktop Computer	I3-350M Processor, 4 GB RAM, 500 GB HDD	1500	ENGLISH	<input type="button" value="join"/>

<< 1 >>

Рис. 3.12. Графічний інтерфейс користувача пошуку та приєднання до аукціону

Далі процес відбувається як на офлайн аукціоні. Припустимо, що користувач U_2 зробив деяку ставку «1» в розмірі 510 RON і її прийнято. Повідомлення, що містить інформацію про ставку, яку користувач U_2 надсилає до AgentServlet: значення ставки «1» 510 RON та ідентифікатор учасника $Part_2$. Значення ставки вводиться користувачем через графічний інтерфейс користувача, показаний на рис. 3.13.

ProductName	Description	LastBid	Winner	Bid	TimeLeft
Desktop Computer	I3-350M Processor, 4 GB RAM, 500 GB HDD	1510.0	user2	<input type="text" value="1510"/> <input type="button" value="Bid"/>	0 D 0 : 27 : 43

Рис. 3.13. Форма для введення рівня ставки

AgentServlet визначає ідентифікатор PersonalAgent, який приєднаний до користувача U_2 , тобто PA_2 , а потім пересилає інформацію про ставку до PA_2 .

Щоразу, коли PersonalAgent отримує сповіщення про оновлення поточної найвищої ставки, він сповіщає AgentServlet. Графічні інтерфейси всіх користувачів, які беруть участь в аукціоні A_{i_1} (тобто U_2 , а також U_3 і U_4 через своїх агентів PA_3 і PA_4), автоматично оновлюються щодо поточної найвищої ставки за допомогою коду JavaScript, який періодично отримує з AgentServlet оновлену інформацію, закодовану XML-повідомлення (рис. 3.14).

DTD	Content
<pre><!DOCTYPE Auctions [<!ELEMENT Auction (Participant, BestPrice, Bidder)*> <!ELEMENT Participant (#PCDATA)> <!ELEMENT BestPrice (#PCDATA)> <!ELEMENT Bidder (#PCDATA)>]></pre>	<pre><Auctions> <Auction> <Participant>Part2</Participant> <BestPrice>1510</BestPrice> <Bidder>U2</Bidder> /Auction> </Auctions></pre>

Рис. 3.14. Формат представлення найвищої ставки в аукціоні

Таким чином, на практиці реалізовано мультиагентну систему для проведення аукціонів із застосуванням технології блокчейн та елементів теорії ігор, що дають змогу значно підвищити безпеку транзакцій та забезпечують гнучкість обирання стратегії поведінки користувачів на аукціоні.

3.5. Висновки до розділу

Основні результати даного розділу полягають в наступному:

1. Проведено аналіз можливостей практичної реалізації розподіленої мультиагентної комп'ютерної системи організації аукціонів, що передбачає інтеграцію сервера аукціонів на основі агентів у придатну для використання систему онлайн-аукціонів з можливістю залучення користувачів через графічний веб- інтерфейс.

2. Розроблено діаграми варіантів використання та діаграми послідовностей, що дало змогу визначити функціональність та поведінку мультиагентної системи організації онлайн-аукціонів з врахуванням аспектів технології блокчейн та елементів теорії ігор.

3. Спроектовано архітектуру та програмно реалізовано агенти системи організації аукціонів із застосуванням технологій Java, JavaScript, HTML та CSS, що дало можливість практично реалізувати мультиагентну систему з інтегрованими модулями підвищення безпеки транзакцій та оптимального вибору стратегій формування ставок для забезпечення вищої імовірності одержання виграшу.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Метою кваліфікаційної роботи магістра є дослідження мультиагентних технологій синтезу розподілених комп'ютерних систем для організації аукціонів із застосуванням теорії ігор та блокчейн.

Оскільки, проведення робіт зі створення та аналізу математичного і програмно-апаратного забезпечення системи аукціонів передбачає використання комп'ютерної техніки, зокрема ПК та периферійних пристроїв, то обов'язком виконавця такого процесу є забезпечення оптимальних умов праці з охорони праці і техніки безпеки.

Для забезпечення, контролю та моніторингу за дотриманням виконання вимог з охорони праці керівництво компаній, які планують використовувати програмно-апаратні засоби опрацювання даних у системах моніторингу рівня цукру в крові, повинно організувати функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створити відповідні служби і призначити посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затвердити інструкції про їхні обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контроль за їх додержанням;
- розробити за участю сторін колективного договору і реалізувати комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- забезпечити виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджувати прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечувати належне утримання будівель та споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом, зокрема комп'ютерної техніки, серверів та оргтехніки;
- забезпечувати усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організовувати проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів з усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- здійснювати контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці.

На робочих місцях осіб, які проектують мультиагентну розподілену систему для проведення аукціонів необхідно забезпечити дотримання вимог НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Для забезпечення оптимальних умов праці при проведенні досліджень кваліфікаційної роботи, необхідно передбачити також відповідність мікроклімату у приміщеннях. Категорія робіт при експлуатації системи моніторингу рівня цукру в крові належить до легкої – Іб.

Для того щоб визначити, чи відповідає повітряне середовище певного приміщення встановленим нормам, необхідно кількісно оцінити кожний з його параметрів. Оптимальні показники мікроклімату, які необхідно забезпечити у приміщеннях, де експлуатуються ПК у теплу пору року

повинні становити: температура – 22-24 °С, відносна вологість – 40-60%, швидкість руху повітря 0,1 м/с.

Окрім, забезпечення оптимальних показників мікроклімату, необхідно передбачити ще й оптимальні показники шуму та вібрації на робочих місцях.

Робоче місце працівників, які розробляють і досліджують програмно-апаратні засоби мультиагентної розподіленої комп'ютерної системи для проведення аукціонів, можна прирівняти до робочих місць у приміщеннях конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт і опрацювання експериментальних даних, прийому хворих в медпунктах і відповідно необхідно передбачити відповідні рівні звукового тиску.

Основними вимогами, визначеними у ДСанПіН є:

- площу для одного робочого місця оператора визначають згідно норми не менше 6,0 кв.м, а об'єм - не менше 20,0 куб.м.
- заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу.
- приміщення, де розміщені робочі місця операторів, крім приміщень, у яких розміщені робочі місця операторів великих ЕОМ загального призначення (сервер), повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації.

Для штучного освітлення нормованим параметром виступає $E_{\text{мін}}$ – мінімальний рівень освітленості, та $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пульсації світлового потоку. Для забезпечення оптимальних умов праці необхідно передбачити коефіцієнт пульсації світлового потоку на рівні не більшому, ніж 20% відповідно до ДБН В.1.1-7-2016. Оскільки, робота щодо дослідження розподілених мультиагентних систем для проведенні аукціонів

належить до IV розряду зорових робіт, то мінімальний рівень штучного освітлення, який необхідно передбачити складає 300...500 Лк.

Сукупність заходів щодо забезпечення вимог охорони праці, починаючи від виконання встановлених законами України норм та правил, а також виконання правил техніки безпеки, гарантує особам, які працюють над дослідженням мультиагентних технологій синтезу розподілених комп'ютерних систем для організації аукціонів із застосуванням теорії ігор та блокчейн, безпеку праці та нівелювання негативних факторів впливу на їх здоров'я.

4.2. Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на об'єкті господарської діяльності в осередку ураження

Унаслідок надзвичайних ситуацій у населених пунктах і на підприємствах можуть виникнути руйнування, зараження місцевості радіоактивними та хімічними речовинами. Люди можуть опинитися у завалах, пошкоджених та палаючих будинках, інших непередбачуваних ситуаціях. У зв'язку з цими обставинами потрібно проводити заходи із рятування людей, надання їм допомоги, локалізації аварій та усунення пошкоджень.

При вирішенні цих проблем виходять з того, що в осередках ураження і районах лиха будуть проводитися не тільки суто рятувальні роботи, а й деякі невідкладні роботи, що не пов'язані з рятуванням людей.

Рятувальні та інші невідкладні роботи (РіНР) проводяться з метою порятунку людей та надання допомоги ураженим, локалізації аварій та усунення пошкоджень, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт.

При проведенні РіНР велике значення має дотримання певних умов. Такими умовами є: своєчасне створення угруповань, сил, що залучаються для проведення РіНР, своєчасне ведення розвідки, швидкий рух і введення

сил у осередок ураження, безперервне проведення РіНР до їх повного завершення, оперативне управління силами, що залучаються до проведення РіНР, і всебічне забезпечення їх діяльності.

Заходи, що відносяться до рятувальних робіт:

- розвідка маршрутів, за якими вводяться або виводяться формування цивільної оборони;
- локалізація і гасіння пожеж;
- пошук і рятування людей з-під завалів;
- •відкриття зруйнованих захисних споруд і рятування людей;
- подача повітря у завалені захисні споруди;
- надання ураженим першої медичної допомоги та їх евакуація;
- санобробка людей та знезараження їх одягу;
- знезараження місцевості, споруд, техніки.

Крім рятувальних робіт, в осередках ураження проводяться невідкладні роботи, до яких відносяться:

- прокладання маршрутних шляхів на заражених територіях і будівництва проїздів у завалах;
- локалізація аварій на комунально-енергетичних мережах, лініях зв'язку та їх відновлення;
- закріплення або ліквідація конструкцій споруд, які загрожують падінням та перешкоджають проведенню рятувальних робіт;
- ліквідація боєприпасів та інших вибухонебезпечних предметів (балони з газом, бочки з бензином тощо).

Керівництво проведенням усіх цих робіт у надзвичайних ситуаціях проводяться надзвичайними комісіями на рівні держави, області, міста тощо.

При аваріях на об'єктах народного господарства, установах, якщо їх наслідки не виходять за межі об'єктів захисних зон, керівництво роботами проводиться адміністрацією підприємств.

Виникнення стихійних лих, а також аварій та катастроф можна в деяких випадках прогнозувати. Ці прогнози, як правило, закладаються в плани цивільного захисту підприємств, установ, що передбачають попереджувальні заходи, які повинні зменшити наслідки аварій і катастроф.

Характер та обсяг таких заходів залежать від виду та рівня аварії або стихійного лиха, масштабів і часу їх виникнення. Загалом до таких заходів відносяться:

- приведення в готовність засобів захисту;
- перевірка готовності систем оповіщення;
- підготовка і видача населенню засобів індивідуального захисту та особистої профілактики;
- проведення санітарно-епідеміологічних заходів;
- підготовка до евакуації або відселення та їх проведення;
- вивезення матеріальних цінностей;
- захист продуктів харчування, джерел води тощо;
- герметизація приміщень і т.п.

Способи і послідовність проведення цих робіт залежать від обставин, що склались у районі аварії чи катастрофи, та наявності сил і засобів для проведення таких робіт.

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації проводиться для відновлення роботи підприємств, організацій, навчальних закладів тощо.

При ліквідації наслідків надзвичайної ситуації здійснюються такі заходи:

- розвідка осередків надзвичайних ситуацій;
- локалізація і гасіння пожеж; г
- відбудова споруд і шляхів сполучення;
- проведення ізоляційне обмежених заходів в осередках інфекційного зараження;
- проведення спецобробки населення;
- дезактивація, дегазація техніки, майна, доріг, місцевості тощо.

4.3. Розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників і службовців та виробничої діяльності об'єкта промисловості в умовах радіоактивного забруднення місцевості

При виникненні надзвичайної ситуації, зокрема, при аварійному викиданні в атмосферу радіоактивних речовин можливі такі види радіоактивного впливу на населення:

- зовнішнє опромінення при проходженні радіоактивної хмари;
- внутрішнє опромінення при вдиханні радіоактивних аерозолів (інгалаційна небезпека);
- контактне опромінення внаслідок радіоактивного забруднення шкіри і одягу;
- зовнішнє опромінення, зумовлене радіоактивним забрудненням поверхні землі, будівель, споруд та ін.;
- внутрішнє опромінення при використанні забруднених продуктів харчування і води.

Розрахункові дані та результати прямих вимірювань рівня радіації і дози опромінення мають бути основою для вжиття заходів захисту населення від зовнішнього і внутрішнього опромінення, в тому числі й профілактичне застосування стабільного йоду.

Основою розробки заходів захисту населення в умовах радіоактивного забруднення при ядерній аварії є рекомендації Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) 1988 р., а також норми радіаційної безпеки України (НРБУ—1997).

Враховуючи рівень радіації, а також прогноз можливих аварійних викидів радіоактивних речовин та метеорологічні дані, приймається рішення про проведення таких термінових і невідкладних заходів захисту в умовах ранньої фази радіаційної аварії:

- укриття населення;
- обмеження перебування населення на відкритій місцевості;

- евакуація у разі загрози здоров'ю;
- проведення йодової профілактики;
- тимчасова заборона вживання продуктів харчування і води із зони радіоактивного забруднення.

Крім цих заходів у період ранньої і пізньої фази проводяться довгострокові заходи:

- тимчасове відселення;
- евакуація — переселення на постійне місце проживання;
- обмеження вживання води і продуктів харчування забруднених радіоактивними речовинами;
- заходи захисту при виробництві продукції тваринництва, рослинництва і лісогосподарської діяльності;
- дезактивація території і будівель;
- інші заходи: гідрологічні, протиповіневі, обмеження лісокористування, полювання, рибної ловлі, перебування у полі при проведенні сільськогосподарських робіт.

Критерієм для прийняття рішення про заходи захисту населення на ранній і середніх фазах після аварії є дози зовнішнього і внутрішнього опромінення (табл. 4.1) з установленими двома рівнями радіаційного впливу — нижнім і верхнім — згідно з рекомендацією МАГАТЕ і НРБУ—1997.

При прогнозованому опроміненні, що не перевершує нижнього рівня, заходи, перелічені в табл. 4.1 не проводяться. Якщо прогнозоване опромінення перевищує нижній рівень, але не досягає верхнього рівня, то проведення вказаних заходів може бути відкладене.

Якщо прогнозоване опромінення досягає або перевищує верхній рівень, то обов'язково необхідно проводити заходи, наведені в табл. 4.1, навіть якщо вони пов'язані з порушенням нормальної життєдіяльності населення і об'єктів.

Таблиця 4.1

Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Дозові критерії (прогнозована доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи (легені, щитовидна залоза, шкіра)	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкіри	5	50	50	500
Йодова профілактика:				
дорослі	—	—	50*	500*
діти, вагітні жінки	—	—	50*	250*
Евакуація:				
дорослі	50 10	500 50	500 200*	5000 500*
діти, вагітні жінки				

Радіаційний захист населення включає в себе:

- організацію безперервного контролю, виявлення та оцінку радіаційної та хімічної обстановки в районах розміщення радіаційно-небезпечних об'єктів;
- завчасне накопичення, підтримання в готовності і використання при необхідності засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної розвідки і контролю;
- створення, виробництво та застосування уніфікованих засобів захисту, приладів і комплектів радіаційної розвідки і дозиметричного контролю;

- придбання населенням у встановленому порядку в особисте користування засобів індивідуального захисту та контролю за використанням їх за призначенням;
- своєчасне впровадження і застосування засобів і методів виявлення та оцінки масштабів і наслідків аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах;
- створення і використання на радіаційно-небезпечних об'єктах систем (переважно автоматизованих) контролю обстановки і локальних систем оповіщення;
- розробку і застосування, за необхідності, режимів радіаційного захисту населення і функціонування об'єктів економіки та інфраструктури в умовах забрудненості (зараженості) місцевості;
- завчасне пристосування об'єктів комунально-побутового обслуговування і транспортних підприємств для проведення спеціальної обробки одягу, майна і транспорту, проведенням цієї обробки в умовах аварій;
- навчання населення використання засобів індивідуального захисту і правилам поведінки на забрудненій (зараженій) території.

До числа основних заходів щодо захисту населення від радіаційного впливу під час радіаційної аварії, належать:

- виявлення факту радіаційної аварії та оповіщення про неї;
- виявлення радіаційної обстановки в районі аварії;
- організація радіаційного контролю;
- встановлення та підтримання режиму радіаційної безпеки;
- проведення, при необхідності, на ранній стадії аварії йодної профілактики населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії;

- забезпечення населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії засобами індивідуального захисту та використання цих коштів;

- укриття населення, яке опинилося в зоні аварії, в притулках і укриттях, що забезпечують зниження рівня зовнішнього опромінення і захист органів дихання від проникнення в них радіонуклідів, які опинилися в атмосферному повітрі;

- санітарна обробка населення, персоналу аварійного об'єкта, учасників ліквідації наслідків аварії;

- дезактивація аварійного об'єкта, об'єктів виробничого, соціального, житлового призначення, території, сільськогосподарських угідь, транспорту, інших технічних засобів, засобів захисту, одягу, майна, продовольства і води;

- евакуація або відселення громадян із зон, в яких рівень забруднення перевищує допустимий для проживання населення.

Висновки.

Радіація на сьогодні є чи не найнебезпечнішим фактором впливу не тільки на людину, але й на усі живі організми на планеті. Неконтрольовані ядерні реакції, ядерні війни та ряд інших можливих результатів людської діяльності, пов'язаних із радіацією негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище. Підтвердженням цього є аварія на Чорнобильській АЕС, наслідки якої відчують до сьогодні як в Україні, так і за її межами. Дотримання рекомендацій щодо захисту населення від впливу радіації, які проаналізовано вище, дає змогу мінімізувати ризики, пов'язані із загибеллю великої кількості людей, а також зберегти їхнє здоров'я.

ВИСНОВКИ

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному.

1. Проаналізовано доцільність створення онлайн-аукціонів і встановлено, що це є одним із шляхів розвитку електронної комерції в умовах глобалізації економічних процесів, обґрунтовано необхідність підвищення безпеки та розвитку гнучкості підходів формування стратегій при проведенні аукціонів.

2. Проведено аналітичний огляд типів аукціонів, що дало змогу визначити особливості правил їх проведення та обґрунтувати актуальність розробки методів формування оптимальних стратегій поведінки учасників, зокрема з імплементацією елементів теорії ігор.

3. Проведено порівняльний аналіз різних типів аукціонів та визначено потенційні шляхи впровадження технології блокчейн та методів теорії ігор в їх організацію у вигляді мультиагентних комп'ютерних систем для підвищення ефективності їх функціонування.

4. Проведено концептуальне моделювання аукціону та визначено основні структурні і поведінкові особливості їх організації, що дало змогу здійснити та адаптувати методи теорії ігор для підвищення гнучкості при визначенні стратегії формування ставок учасниками аукціону та його організатором.

5. Запропоновано метод інтеграції властивостей технології блокчейн для підвищення безпеки транзакцій при організації аукціонів, що дало змогу в подальшому впровадити їх у вигляді мультиагентної комп'ютерної системи з високим рівнем достовірності транзакцій та можливістю відслідковування змін через відповідні агенти.

6. Запропоновано метод імплементації елементів теорії ігор, зокрема, гри без взаємодії, що дало змогу підвищити ефективність проведення англійських аукціонів за рахунок оптимізації стратегій учасників аукціону та безпечної комунікації на основі консенсусних протоколів між агентами.

7. Проведено аналіз можливостей практичної реалізації розподіленої мультиагентної комп'ютерної системи організації аукціонів, що передбачає інтеграцію сервера аукціонів на основі агентів у придатну для використання систему онлайн-аукціонів з можливістю залучення користувачів через графічний веб- інтерфейс.

8. Розроблено діаграми варіантів використання та діаграми послідовностей, що дало змогу визначити функціональність та поведінку мультиагентної системи організації онлайн-аукціонів з врахуванням аспектів технології блокчейн та елементів теорії ігор.

9. Спроектовано архітектуру та програмно реалізовано агенти системи організації аукціонів із застосуванням технологій Java, JavaScript, HTML та CSS, що дало можливість практично реалізувати мультиагентну систему з інтегрованими модулями підвищення безпеки транзакцій та оптимального вибору стратегій формування ставок для забезпечення вищої імовірності одержання виграшу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hurwicz, L., Stanley R. *Designing Economic Mechanisms*: Cambridge University Press. 2006. 341 p.
2. Шиманська О. Теорія аукціонів та її практичне застосування. *Вісник економіки*. 2021. Вип. 1. С. 143–158.
3. Еквівалентність доходу. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Revenue_equivalence (дата звернення: 28.09.2023).
4. Вальд Б. Нобелівська премія з економіки: за що двоє американців отримують престижну премію у 2020 році. URL: <https://ucap.io/nobelivska-premiya-z-ekonomiky-2020-teoriya-aukcionu/>(дата звернення 30.09.2023).
5. Birulin O., Izmalkov S. On efficiency of the English auction. *Journal of Economic Theory* 146.4. 2011. pp. 1398-1417.
6. Kelemen, V. Jade Tutorial: Simple Example for Using the JadeGateway Class. URL: <http://jade.csel.it/doc/tutorials/JadeGateway.pdf> (дата звернення: 10.09.2023 р).
7. Read J., Balingit R. Online Auction Software Fundamentals. *International Proceedings of Computer Science and Information Technology*, Vol. 2. 2009. pp. 254 – 259.
8. Vilajosana X., Krishnaswamy R., Marques. J. Design of a Configurable Auction Server for Resource Allocation in Grid. In: *Proceedings of International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS '09)*. 2009. pp.396 –401.
9. Wasielewska K., Gawinecki M., Paprzycki M., Ganzha M., Kobzdej P. Optimizing Blackboard Implementation of Agent-Conducted Auctions. *IADIS International Journal on WWW/Internet*. No.1. Vol. 6. 2008. pp. 50-60.
10. Yao D. Q., Qiao, H., Qiao H.: A Generic Internet Trading Framework for Online Auctions. In: A. Becker (Ed.): *Electronic Commerce: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*. IGI Global 2008. pp. 163 – 177.

11. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. Second Edition. John Wiley & Sons 2009. 488 p.
12. Zakas N. C., McPeak, J., Fawcett, J. Professional Ajax. 2nd Edition. Wrox 2007. 624 p.
13. Яловець А.Л. Мультиагентне моделювання послідовних багатоелементних японських аукціонів. Математичне моделювання об'єктів та процесів. 2016. с. 129-137.
14. Filzmoser M. Simulation of Automated Negotiation. – Springer-Verlag, 2010. – 248 p.
15. Sierra C., Noriega P. Agent-Mediated Interaction. From Auctions to Negotiation and Argumentation. Foundations and Applications of Multi-Agent Systems (UKMAS Workshops 1996-2000 Selected Papers). Springer-Verlag. 2002. P. 27–48.
16. Pisaruk N.N. Introduction to Game Theory. BGU. 2015. 256 p.
17. Fasli M. Agent Technology for E-Commerce. John Wiley & Sons 2007. 480 p.
18. Луцків А.М., Мельничук Ю.Б. Принципи організації онлайн аукціонів з інтеграцією елементів блокчейн технології і теорії ігор. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 441.
19. Луцків А.М., Мельничук Ю.Б. Мультиагентна організація сервера онлайн аукціонів. Матеріали XI науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (13-14 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 165.
20. Лупенко С. А., Пасічник В. В., Тиш Є. В. Комп'ютерна логіка. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006». 2015. 354 с.
21. 8. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovsky R. Technology of relational database management systems performance evaluation during

computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

22. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. Львів: Афіша, 2011. 176 с.

23. Желібо Е.Н. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник/ За редакцією Е.П. Желібо, В.М. Львів: «Новий світ - 2000», 2011. 320 с.

24. Стадник І.Я., Зварич Н.М. Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах викидом (випливом) небезпечних хімічних речовин та застосуванні хімічної зброї. ТНТУ. 2020. 36 С.

Додаток А

Текст наукових публікацій кваліфікаційної роботи магістра

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедімінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник
тез доповідей**

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів
6-7 грудня 2023 року**



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

	МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ	
55.	В. В. Яцишин, О. О. Горбач ПРОЦЕСИ РОЗРОБКИ ТА МОДЕЛІ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	440
56.	А. М. Луцків, Ю. Б. Мельничук ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ЕЛЕМЕНТІВ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРІЇ ІГОР	441
57.	Т. А. Озарків, Р. О. Жаровський ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ПРОТОКОЛУ EIGRP В УМОВАХ ВЕЛИКИХ МЕРЕЖ ЗІ СКЛАДНОЮ ТОПОЛОГІЄЮ	442
58.	М. Р. Лещук, Б. М. Зозуляк, В. М. Кравчук, Р. І. Королюк МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ НАТЯГУ ПРИ ПРОКАТУВАННІ АЛЮМІНІЮ	443
59.	Ю. І. Микитів, І. Я. Харів, М. Б. Горват, Р. З. Золотий АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	445
60.	М. С. Дзюмак, С. З. Кульчицький, І. М. Поліваний, О. С. Голотенко ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТУ НА ОСНОВІ ІНТЕРВАЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	447
61.	А. О. Мацюк, В. В. Дрогомирський, Ю. О. Зеленко, А. А. Станько РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПАКУВАННЯ КОНСЕРВНИХ ВИРОБІВ	448
62.	Т. В. Чомко, В. В. Панчук, В. П. Пинило, В. В. Карташов РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ КЕРУВАННЯ ПІДЙОМНИМ МЕХАНІЗМОМ	450
63.	А. М. Луцків, А. Я. Островський ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ	452
64.	Н. М. Ковтун, Р. О. Жаровський АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ ВТОРГНЕННЯМ І АТАКАМ НА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ	453
65.	А. М. Луцків, В. В. Гладій ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ	455
66.	Д. Р. Карабан, Р. О. Жаровський АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНОНІМНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ	456
67.	А. В. Ремез, Й. Р. Кравець, І. В. Карп, Д. П. Стухляк ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНІВНОГО НАПРУЖЕННЯ ПРИ ЗГІНАННІ НАПОВНЕНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТИВ	457
68.	Р. О. Іванов, Е. С. Рожко, А. В. Антонішин, І. В. Чихіра РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДСЬКОГО УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ ПЛК	459
69.	В. В. Яцишин, О. В. Пасіка, С. О. Куліков КОНЦЕПТУАЛЬНА АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИВАТНИМИ РЕСТОРАНАМИ	461

УДК 004.9

А. М. Луцків канд. техн. наук, доцент, Ю. Б. Мельничук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ЕЛЕМЕНТІВ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРІЇ ІГОР

A. M. Lutskiv PhD., Assoc. Prof., Y. B. Melnychuk
**PRINCIPLES OF ORGANIZING ONLINE AUCTIONS WITH THE INTEGRATION
OF ELEMENTS OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND GAME THEORY**

Загально відомо, що аукціони забезпечують цілісне вирішення проблеми дискретного розподілу ресурсів між різними агентами в багатоагентній системі. Існує багато типів аукціонів, включаючи аукціони одного товару, кількох одиниць, комбінаторні аукціони та подвійні аукціони. Аукціони представляють собою особливий клас програмного забезпечення з багатьма додатками при проведенні транзакцій електронної комерції. Зокрема, аукціони корисні для торгівлі в таких сферах: ліцензії на використання радіочастот, ринки електроенергії, права на викиди, лоти для зльоту та посадки в аеропортах, права на використання природних ресурсів (наприклад, видобуток нафти), продаж предметів колекціонування, антикваріату, предметів розкоші та екзотичних товарів, контракти на державні закупівлі, іноземна валюта, тощо.

Оскільки онлайн-аукціони поширювалися з появою Інтернету, було запропоновано багато типів онлайн-додатків для аукціонів, включаючи каталоги аукціонів, топ-аукціони, мета-аукціони та сервери аукціонів.

Нещодавно дослідження були зосереджено на розробці більш загальних, гнучких і багаторазово використовуваних аукціонних рішень, з метою підвищення потенціалу для застосування як у секторах B2C, так і B2B.

У цьому контексті застосування агентних систем запропоновано як новий підхід, який переносить ідею аукціонного сервісу з Інтернету, керованого людьми, у світ програмних агентів.

В англійських аукціонах продавець (або аукціоніст, який представляє продавця) оголошує початкову ціну на товари (використовуючи налаштування додатка електронної комерції), а учасники аукціону роблять ставки, що збільшуються, протягом попередньо визначеного періоду часу, як правило, з мінімальним кроком, встановленим продавцем.

Наприкінці процесу торгів переможцем англійського аукціону оголошується агент, який зробив найвищу ставку. Потрібно звернути увагу на те, що у даному випадку буде використовуватися технологія блокчейн, теорія ігор та модель англійського аукціону, яка керується термінами, а не моделлю часу бездіяльності. При цьому проводиться аналіз, проектування та впровадження відкритої гнучкої інфраструктури для автоматизованої комунікації на основі агентів.

При проектуванні та реалізації комп'ютерної системи важливо підкреслити переваги використання мультіагентних систем і найсучасніших агентських фреймворків, а також додаткового програмного забезпечення при розробці аукціонного сервера. Тут основна увага зосереджена на застосуванні чистих принципів розробки програмного забезпечення (абстракції та модульності), а також на оцінці та покращенні продуктивності та масштабованості реалізації. Аспекти масштабованості та продуктивності додатково розширюються завдяки використанню кластерної реалізації.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

XI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



13-14 грудня 2023 року

ТЕРНОПІЛЬ
2023

Ясків О.П., Кришок І.В. ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ЇХ РОЗРОБКИ Yasnyy O.P., Kryshok I.V. EFFECTS RELIABILITY FACTORS OF COMPUTER SYSTEMS IN THE PROCESS OF THEIR DEVELOPMENT	161
Василь Яцишин, Іван Кучма КЛАСИФІКАЦІЯ ОНТОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ Vasyl Yatsyshyn, Ivan Kuchma CLASSIFICATION OF ONTOLOGIES IN THE PROCESS OF COMPUTER NETWORK MODELING	162
І.В. Лылік, А.М. Паламар КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ РІВНЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ I.V. Lylyk, A.M. Palamar COMPUTERIZED ULTRAVIOLET RADIATION LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON THE INTERNET OF THINGS	163
Андрій Луцків, Сергій Макогон ТИПИ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ У ЗВУКОВИЙ ПОТІК Andriy Lutskiv, Serhii Makohon TYPES OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR TEXT TO SPEECH	164
Андрій Луцків, Юрій Мельничук МУЛЬТИАГЕНТНА ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРВЕРА ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ Andriy Lutskiv, Yuriy Melnychuk MULTI-AGENCY ONLINE AUCTION SERVER ORGANIZATION	165
Галина Осухівська, Денис Муштин КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗА МЕТЕОДАНИМИ ДЛЯ ОБПРИСКУВАЧА Halyna Osukhivska, Denys Mushryn COMPUTERIZED METEODATA CONTROL SYSTEM FOR SPRAYER	166
Т.А. Озарків, Р.О. Жаровський МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ EIGRP ПРОТОКОЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ T. A. Ozarkiv, R.O. Zharovskiy THE METHOD OF OPTIMIZING THE EIGRP PROTOCOL TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF DATA TRANSMISSION IN COMPUTER NETWORKS	167
Андрій Луцків, Андрій Островський ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТУПУ ДО МОДЕЛІ GPT-3 ЗАСОБАМИ МОВИ PYTHON Andriy Lutskiv, Andriy Ostrovskiy ORGANIZING ACCESS TO THE GPT-3 MODEL USING PYTHON	168
А.М. Паламар, Р.О. Романчук, М.В. Дрогобицький КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ A.M. Palamar, R.O. Romanchuk, M.V. Drohobytzkyi COMPUTERIZED SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF DUST CONCENTRATION LEVEL BASED ON THE INTERNET OF THINGS	169
Ярослав Панчущин СТРУКТУРА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ МІНІ-ТЕПЛИЦІ Yaroslav Panchushyn STRUCTURE OF THE MINI-GREENHOUSE MICROCLIMATE PARAMETER CONTROL SYSTEM	170

УДК 004.9

Андрій Луцків канд. техн. наук, доцент, Юрій Мельничук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МУЛЬТИАГЕНТНА ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРВЕРА ОНЛАЙН АУКЦІОНІВ

Andriy Lutskiv PhD., Assoc. Prof., Yuriy Melnychuk

MULTI-AGENCY ONLINE AUCTION SERVER ORGANIZATION

При реалізації сервера онлайн аукціонів на основі мультіагентного підходу передбачає використання декількох типів агентів. Сервер аукціону проектується для підтримки інноваційної концепції загальної аукціонної служби на основі агентів. Він представлений набором взаємодіючих агентів, які комунікують всередині сервера, а також із його зовнішнім середовищем за допомогою протоколів взаємодії агентів. Програмна інфраструктура сервера містить типи агентів, зображені на діаграмі класів, які показано на рис. 1.

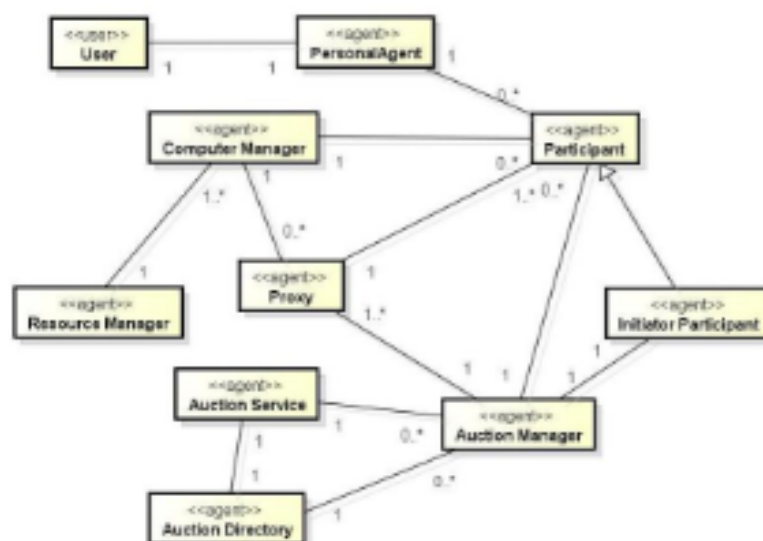


Рис.1. Агенти сервера онлайн аукціону

Сервер аукціону насправді складається з трьох основних частин або рівнів: ядра, менеджера ресурсів та інтерфейсу.

Персональний агент, агент-учасник і агенти-учасники-ініціатори складають рівень, який реалізує інтерфейс сервера з його зовнішнім середовищем.

Ядро сервера представляється у вигляді сервісу аукціону, менеджера, директорії та проксі-агентів. Цей рівень відповідає за управління аукціонами та за координацію учасників шляхом впровадження правил, якими регулюється аукціон.

Агенти менеджер комп'ютера і ресурсний менеджер складають частину сервера, яка відповідає за керування обчислювальними ресурсами, на яких працює програмне забезпечення сервера. Коли сервер встановлено в комп'ютерній мережі, агенти менеджери комп'ютера відповідають за основне керування (тобто створення/знищення) агентів на кожній доступній машині.