

## АНОТАЦІЯ

*Полторацький М. Ю.* Алгебраїчний підхід у формалізації та аналізі економічних та правових моделей. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення (12 Інформаційні технології). – Херсонський державний університет, Херсон, 2021.

Загальна проблема дослідження полягає у вивченні та розробленні методів аналізування й моделювання правових та економічних моделей за допомогою алгебраїчного підходу, а саме – за допомогою використання технології інсерційного моделювання.

**Метою роботи** є розроблення загальних принципів аналізування й верифікації правових та економічних моделей засобами інсерційного моделювання.

### **Основні завдання дослідження:**

- аналізування сучасних методів і технологій моделювання й верифікації правових моделей;
- дослідження сучасних методів та технологій аналізування економічних моделей;
- застосування методів інсерційного моделювання для аналізування формальної моделі Податкового кодексу України;
- застосування методів інсерційного моделювання для доведення повноти й відсутності протиріч у нормативно-правовій базі України;
- розроблення програмного засобу для трансляції текстів в алгебраїчний вид;
- застосування методів інсерційного моделювання для доведення властивостей економічних моделей, зокрема властивості рівноваги в моделі Вальраса;
- застосування методів інсерційного моделювання для аналізування моделей токеноміки.

Перший розділ дисертації «*Алгебраїчний підхід у моделюванні правових моделей та аналізуванні їхніх властивостей*» присвячено вивченню методів і систем моделювання верифікації правових моделей. Розглянуто типові підходи до верифікації правових вимог: використання онтологій (*Symboleo*), *UML/OCL*, стандартів *XML* для кодифікації нормативно-правових баз, застосування технології *eFLINT* і фреймворку *Legal-URN*. Проаналізовано слабкі й сильні сторони кожного з описаних у дисертаційній роботі підходів. Описано системи моделювання правових вимог.

У другому розділі «*Інсерційна семантика до аналізу правових моделей*» розкрито основні поняття інсерційного моделювання. Розроблено модель реєстрації платника податку за допомогою інсерційного моделювання. Запропоновано підхід до аналізування й перевіряння правильності юридичних прецедентів. У результаті верифікації моделі знайдено низку структурно-логічних помилок у законодавчій базі. Запропоновано новий підхід до перевірки законодавчих актів щодо протиріч, повноти й цілісності.

У третьому розділі «*Синтаксичний аналіз юридичних текстів і розпізнавання трас*» схарактеризовано системи синтаксичного аналізу та системи автоматичного реферування, які можуть бути використані під час дослідження правових документів. Для роботи зі слабо структурованим текстом обрано *SDK Pullenti Python* як одну з найпотужніших систем.

За допомогою *SDK Pullenti Python* розроблено програмний засіб для трансляції текстів в алгебраїчний вид і запропоновано підходи до аналізування цієї моделі з використанням інсерційного моделювання. Описаний підхід надасть змогу перевіряти правильність вироків у судових постановках і юридичних прецедентах.

Четвертий розділ «*Алгебраїчний підхід до моделювання економічних моделей та аналізування їхніх властивостей*» містить опис сучасних методів і технологій, які використовуються в економічному моделюванні. Розглянуто системи економічного й економіко-математичного моделювання. Розроблено конкретну та символну модель Вальраса. Запропоновано підхід для

доведення наявності економічного балансу за допомогою символічного моделювання. Схарактеризовано поняття токеноміки й токенічних законів, формалізовано комерційну модель *SKILLONOMY*. У результаті верифікації моделі токеноміки *SKILLONOMY* виявлено низку структурно-логічних помилок. Запропоновано підхід до аналізування токенічних моделей із застосуванням символічного моделювання.

### **Практичне значення наукових результатів.**

Описані в дисертаційній роботі підходи до формалізації та верифікації нормативно-правових актів можуть бути використані для аналізування нормативно-правової бази не тільки України, а й країн Європейського Союзу. Крім того, запропоновані підходи уможливають перевіряння гомогенності нормативно-правової бази України, що суттєво вплине на її якість. Запропонований підхід до аналізування юридичних прецедентів може бути реалізований під час розроблення програмного забезпечення для юристів, що допомагатиме в прийнятті рішень.

Результати застосування алгебраїчного підходу до формалізації та верифікації економічних моделей було використано під час аналізування комерційного проєкту *SKILLONOMY*. Крім того, описаними в дисертаційній роботі підходами можливо послуговуватися, аналізуючи й інші токенічні моделі.

Одержані результати також використовуються з навчальною метою в Херсонському державному університеті під час викладання дисциплін для ІТ-спеціальностей («*Технології символічних перетворень*», «*Моделювання та аналіз програмного забезпечення*», «*Системи штучного інтелекту*», «*Спеціальні мови програмування*») і для спеціальності «*Прикладна лінгвістика*» («*Теорія розподіленої концептуальної моделі*»).

**Ключові слова:** верифікація, моделювання правових вимог, алгебраїчний підхід в економіці, інсерційне моделювання, токеноміка, моделювання токеноміки.

## ABSTRACT

***Poltorackiyi Y. Maksym.* Algebraic approach in formalization and analysis of economic and legal models. - Qualification scientific paper, manuscript.**

Thesis of a Doctor of Philosophy in specialty 121 Software engineering (12 Information technologies). - Kherson State University, Kherson, 2021.

The general problem of the research is to study and develop methods of analysis and modeling of legal and economic models using an algebraic approach, namely, with using of insertion modeling technology.

The purpose of the work is to develop the general principles of analysis and verification of legal and economic models by means of insertion modeling.

The main objectives of the study:

- an analysis of the modern modeling and verification methods and technologies of legal models;
- an analysis of modern methods and technologies that are used for the economic models analysis;
- an application of insertion modeling methods for analysis of the Ukrainian Tax Code formal model;
- an application of insertion modeling methods to prove the completeness and absence of contradictions in the legal framework of Ukraine;
- the development of software for translating texts into algebraic form;
- an application of insertion modeling methods to prove the properties of economic models using the properties of equilibrium in the Walras model;
- an application of insertion modeling methods for analysis of tokenomics models.

In the first section of the dissertation (Algebraic approach in the modeling of legal models and analysing of their properties) an analysis of existing methods and modeling systems for verification of legal models was presented. Typical

approaches to legal requirements verification such as using ontologies (Symboleo), UML / OCL, XML standards for codification of legal bases, use of eFLINT technology and Legal-URN framework were considered. Weaknesses and strengths of each of the approaches that were described in the dissertation research were analyzed. Systems of legal requirements modeling are considered.

In the second section (Insertion semantics for the analysis of legal models) the basic concepts of insertion modeling were presented. A model of taxpayer registration using insertion modeling has been developed. An approach to the analysis and verification of legal precedents was proposed. As the result of model verification, the number of structural and logical errors were found in the legal framework. A new approach to the verification of legislation for inconsistencies, completeness and integrity was proposed.

In the third section (Parsing of legal texts and recognition of traces) the systems of parsing and automatic abstracting systems that can be used to study legal documents were considered. The Pullenti Python SDK was chosen as one of the most powerful systems for working with poorly structured text.

The software tool for translating texts into algebraic form was developed (using the Pullenti Python SDK) and approaches to the analysis of this model (using insertion modeling) were proposed. The described approach will make it possible to check the correctness of sentences in court rulings and legal precedents.

In the fourth section (Algebraic approach in modeling of economic models and analysis of their properties) the modern methods and technologies that are used in economic modeling were considered. Systems of economic and economic-mathematical modeling are considered. A concrete and symbolic model of Walras has been developed. An approach for proving the existence of economic balance using symbolic modeling was proposed. The concepts of tokenomics and tokenomic laws were considered, the commercial model SKILLONOMY was formalized. As a result of verification of the SKILLONOMY tokenomics model, a number of structural and logical errors were found. An approach to the analysis of tokenomic models using symbolic modeling was proposed.

### **The practical significance of scientific results.**

The approaches to formalization and verification of normative legal acts that were described in the dissertation research can be used for the analysis of normative legal base not only of Ukraine, but also of the European countries. In addition, the proposed approaches make it possible to verify the homogeneity of the regulatory framework of Ukraine, which will significantly affect its quality. The proposed approach for the analysis of legal precedents can be used to develop software to support decision-making for lawyers.

The obtained results of applying the algebraic approach to the formalization and verification of economic models were used to analyze the commercial project SKILLONOMY. In addition, the approaches that were described in the dissertation research can be used to analyze other tokenomic models.

The obtained results are also used for educational purposes at Kherson State University, as a part of methodical materials for courses for IT specialties («Symbolic transformation technologies», «Software modeling and analysis», «Artificial intelligence systems», «Special programming languages») and course «Distributed Conceptual Model Theory» for applied linguistics.

**Keywords:** verification, modeling of legal requirements, algebraic approach in economics, insertion modeling, tokenomics, modeling of tokenomics.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Основні наукові результати дисертації*

1. Kobets, Vitaliy, and Maksim Poltoratskiy. "Forming an evolutionarily stable firm strategy under Cournot competition using social preferences." International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. Springer, Cham, 2014.
2. Kobets V., Yatsenko V., Poltoratskiy M. Dynamic Model of Double Electronic Vickrey Auction // ICTERI. – 2015. – С. 236–251.
3. Kobets V., Poltoratskiy M. Using an evolutionary algorithm to improve investment strategies for industries in an economic system // ICT in Education, Research and Industrial Applications. – 2016.
4. Godlevskiy A. et al. Formalization and Algebraic Verification of Legal Requirements // ICTERI. – 2017. – С. 524–535.
5. Letichevsky A. et al. An Algebraic Approach for Analyzing of Legal Requirements // 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW). – IEEE, 2017. – С. 209-212.
6. Peschanenko V., Poltorackiy M. Use of methods of algebraic programming for the formal verification of legal acts // Проблеми програмування. – 2018. – №. 2–3. – С. 109-114.
7. Letychevskiy O. et al. Formalization and algebraic modeling of tokenomics projects // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – С. 577-584.
8. Peschanenko V., Poltoratskiy M., Pryimak K. Formalization and algebraic modeling of university economics // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – С. 585–594.
9. Letychevsky O. et al. Formal Verification of Token Economy Models // 2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC). – IEEE, 2019. – С. 201–204.

10. Letychevskiy O. et al. Our Approach to Formal Verification of Token Economy Models // International Conference on Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. – Springer, Cham, 2019. – C. 348–363.

11. Letychevskiy O. et al. Platform for Modeling of Algebraic Behavior: Experience and Conclusions.//CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – C. 585–594.



