

Ратушняк Т. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій
і систем
Державного податкового університету
ORCID: 0000-0002-9353-4268

Гладченко О. В., кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій
і систем
Державного податкового університету
ORCID: 0000-0002-1668-633X

Головко Н. Р., кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики та системології
Київського національного економічного університету імені Вадима
Гетьмана
ORCID: 0000-0003-1574-4312

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ЕМІСІЇ МУНІЦИПАЛЬНИХ ЗЕЛЕНИХ ОБЛІГАЦІЙ В УКРАЇНІ МЕТОДОМ GRAPH-AS-A-CODE

У статті обґрунтовано методику динамічної візуалізації, яка дозволяє сформувати цілісний та адаптивний алгоритм емісії зелених муніципальних облигацій в Україні. Встановлено, що сучасний стан ринку сталих фінансів характеризується критичним розривом між задекларованими стратегіями екологічної модернізації та реальною інвестиційною активністю територіальних громад. Визначено, що низька емісійна активність органів місцевого самоврядування зумовлена насамперед інституційними бар'єрами та надмірною складністю правових процедур, що розподілені у численних нормативно-правових актах. Наукова новизна дослідження полягає у запропонованому переході від статичних семантичних описів фінансових процесів до концепції Graph-as-a-Code на основі декларативної мови розмітки Mermaid. Такий підхід дозволяє перетворити складні юридичні дескриптори на логічно структурований програмний код, що піддається автоматизації. Значну увагу в роботі приділено застосуванню інструментів штучного інтелекту, зокрема мультимодальних моделей, для інтелектуальної трансформації розрізаних регуляторних вимог у чітку послідовність дій емітента.

У статті детально описано процес розробки та впровадження цифрової моделі: від первинного формування вхідної семантичної дескрипції на основі законодавства до автоматичного рендерингу інтерактивних діаграм у середовищі GitHub. Описана методика забезпечує можливість оперативного внесення змін в алгоритм у разі оновлення нормативної бази, що робить її незамінним інструментом підтримки прийняття управлінських рішень.

Показано, що впровадження інтерактивної візуалізації фінансово-юридичних процесів суттєво мінімізує управлінські ризики, забезпечує високий рівень прозорості на кожному етапі випуску цінних паперів. Це, у свою чергу, сприяє реальній гармонізації національної фінансової політики з вимогами acquis ЄС, зокрема стандартами Таксономії Європейського Союзу. Запропонована методика створює підґрунтя для цифрової трансформації муніципального фінансового менеджменту в умовах повоєнного відновлення України.

Ключові слова: зелені муніципальні облигації, стале фінансування, алгоритм емісії облигацій, візуалізація процесів, уніфікована мова моделювання UML, метод Graph-as-a-Code, штучний інтелект, мультимодальна модель штучного інтелекту Gemini, мова розмітки Mermaid.

Ratushnyak T. V., Hladchenko O. V., Golovko N. R. Visualization of the algorithm for municipal green bond issuance in Ukraine: a Graph-as-a-Code approach

In Ukraine, despite the legislative implementation of green bonds since 2020, the market remains in its infancy, represented only by isolated corporate cases. There is a critical gap between international trends in scaling sustainable investment and the domestic financial environment, which is constrained by systemic barriers. Ukrainian territorial communities, as potential public issuers, lack effective algorithms for issuing municipal green bonds. In the context of post-war reconstruction based on environmental modernization, this financial instrument acquires strategic importance for attracting capital into renewable energy, energy efficiency, and waste management. However, the high complexity of the emission procedure creates significant risks of management errors, highlighting an urgent need for the visualization of financial and legal processes.



© Т. В. Ратушняк, О. В. Гладченко, Н. Р. Головко, 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The purpose of the study is the scientific substantiation and development of a methodology for the dynamic visualization of the municipal green bond emission algorithm in Ukraine based on the «Graph-as-a-Code» concept. This involves using generative artificial intelligence to transform semantic legal descriptions into declarative Mermaid code to minimize management risks and overcome institutional barriers.

The study employs a multidisciplinary approach based on systemic analysis and logical generalization to identify barriers in the sustainable finance market. Structural-functional modeling was used to decompose the emission algorithm into six stages in accordance with budget and financial legislation. The practical implementation of the model is based on semantic analysis combined with prompt engineering, ensuring the transformation of legal descriptors into valid Mermaid code. The final stage involves graphical visualization and rendering in digital environments to convert large arrays of text into interactive diagrams. The integration of the Gemini multimodal AI model allowed for the intellectual convergence of multi-source data, eliminating information gaps.

The study proposes a technology for visualizing the emission algorithm through the «Graph-as-a-Code» method, implemented via five operations: from forming the semantic description to automatic rendering on GitHub. The research resulted in a dynamic visualization of the algorithm, which allows municipalities to perceive the emission process as a clear path rather than a wall of restrictions.

The scientific substantiation and practical testing of the dynamic visualization methodology prove that traditional modeling methods (UML, BPMN) require adaptation to modern digital environments through declarative markup languages. The use of AI for code generation ensures high accuracy in reflecting complex financial and legal processes. The proposed approach minimizes management risks for local self-government bodies and ensures transparency in emissions.

Key words: green municipal bonds, sustainable finance, bond issuance algorithm, process visualization, Unified modeling language UML, Graph-as-a-Code method, artificial intelligence, Gemini multimodal AI model, Mermaid markup language.

Постановка проблеми. Глобальний ринок зелених облігацій перетнув позначку у 3,4 трильйона доларів США [17], ставши основним інструментом переходу провідних економік до кліматичної нейтральності.

З 2020 р. в Україні діє Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення залучення інвестицій та запровадження нових фінансових інструментів», яким введено в обіг зелені облігації як фінансовий інструмент. Але на сьогодні реалізовано лише одиничні корпоративні кейси емісії зелених облігацій – емітентами виступили компанії ДТЕК, НЕК Укренерго. Ми змушені констатувати критичний розрив: поки світ масштабує сталі інвестиції, наш внутрішній фінансовий ринок залишається заручником системних бар'єрів. У 2026 році Україна рішуче береться подолати ці бар'єри: створено Платформу з фінансування сталого розвитку [21] – постійно діючий координаційний та експертний майданчик, спрямований на формування цілісної політики у сфері сталого фінансування та мобілізацію ресурсів для відбудови держави. Українські територіальні громади очікують отримати дієвий алгоритм емісії зелених муніципальних облігацій, який забезпечить фінансовий потік для реалізації зелених проєктів.

В умовах майбутнього післявоєнного відновлення України, яке планується здійснювати з урахуванням екологічної модернізації, інноваційний фінансовий інструмент «зелені муніципальні облігації» набуває стратегічної ваги для залучення значного капіталу. Очікується, що цей інструмент дозволить залучати капітал у сталі проєкти з альтернативної енергетики, підвищення енергоефективності в будівлях і промисловості, «зеленого» будівництва, впровадження екологічного транспорту, утилізації та переробки відходів, захисту наземних і водних ресурсів, відновлення біорізноманіття і екосистем тощо.

Проте реалізація цього інструменту вимагає проходження складного алгоритму, що складається із декількох послідовних етапів, кожен з яких регулюється окремими нормами українського законодавства.

Високий рівень складності процедури емісії зелених муніципальних облігацій створює ризики управлінських помилок, що зумовлює гостру потребу у візуалізації процесів. Сучасні інформаційні технології [3, 8] стають ключовими засобами для забезпечення прозорості цього фінансово-юридичного шляху. Особливого значення набуває використання штучного інтелекту як інтерфейсу для трансформації семантичних описів природною мовою у структурований код мовою розмітки, що забезпечує автоматизацію рендерингу діаграм у спеціалізованих середовищах.

Візуалізація складних процесів є критично важливим інструментом у сучасній науці та управлінні, оскільки людський мозок обробляє візуальну інформацію значно швидше за текстову. В умовах цифровізації графічне моделювання алгоритмів дозволяє миттєво виявляти логічні розриви, критичні вузли або дублювання етапів, які важко помітити у великих масивах тексту.

Використання стандартизованих схем мінімізує ризик неоднозначного трактування нормативних вимог різними учасниками процесу – від юристів до представників громад. Завдяки візуалізації складні фінансові стратегії стають доступними для сприйняття широкому колу стейкхолдерів, що сприяє ефективній комунікації та швидшому прийняттю рішень. Зрештою, перехід до автоматизованої графічної репрезентації процесів є обов'язковим кроком для побудови прозорої цифрової економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні аспекти зеленого фінансування для забезпечення сталого розвитку висвітлено у роботах таких науковців, як В. Чала, Б. Демідов [16], Ч. Недопіл, Т. Дорді., О. Вебер [20], А. Гасперіні [18]. Для України зелене фінансування дедалі більше розглядається у контексті сталого відновлення у повоєнний час, що підтверджується роботами таких українських науковців, як О. Варченко, О. Драган, К. Ткаченко, Н. Рибак, В. Зубченко [1]. Зелене фінансування може бути

реалізоване із залученням різних фінансових інструментів, – і автори наукових робіт розглядають їх як комплексно, так і за окремими напрямками. Так, Я. Чайковський, Б. Луців, О. Дзюблук, Є. Чайковський, П. Луців досліджують банківське зелене кредитування як ключовий інструмент екологічної модернізації економіки [15], а Л. Примостка, В. Слесар [10], І. Кондрат, Н. Ярошевич [5], Н. Трушкіна [12] концентрують свою увагу на дослідженні зелених облігацій. Значну увагу вирішенню нормативно-правових проблем на ринку зелених облігацій в Україні приділяє А. Фролов [13, 14]. Науковці А. Мунько [7], М. Скорик, А. Купріянова, А. Ліщина [11] досліджують облігації місцевої позики (зокрема, і зелені муніципальні облігації) як ефективний та перспективний інструмент фінансування проєктів відбудови та ревіталізації територій.

Для України впровадження зеленого фінансування є актуальним та інноваційним, і як зазначає А. Фролов, «у найближчому майбутньому українські емітенти зелених облігацій можуть стати локомотивом залучення капіталу на міжнародних ринках» [14, с. 63]. У своїй статті А. Фролов також відзначає, що «для корпоративних емітентів (юридичних осіб приватного права) вже немає правових перешкод випускати зелені облігації, щоб залучати фінансування на реалізацію проєктів екологічного спрямування» [14, с. 59].

Проте на сьогодні публічні емітенти стикаються з перешкодами. Ринок зелених муніципальних облігацій в Україні перебуває на стадії формування і залишається недієвим через низку системних бар'єрів. Вагомою перешкодою є неузгодженість національного законодавства з нормативами Європейського Союзу, зокрема в частині імплементації Таксономії ЄС та відсутності інституту сертифікованих зовнішніх верифікаторів, що є критичним для підтвердження екологічності проєктів. Розвиток ринку фінансових інструментів додатково стримується гострим дефіцитом досвіду муніципалітетів у підготовці проєктної документації, яка б відповідала міжнародним критеріям сталого розвитку. Визначальною інституційною перешкодою залишається відсутність спеціалізованого Порядку випуску зелених муніципальних облігацій з боку регулятора – Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку (НКЦПФР); ця перешкода унеможливує практичну реалізацію сталих проєктів територіальними громадами. Відтак, розбудова цього сегменту фінансового ринку є комплексною міждисциплінарною задачею, розв'язання якої потребує синергії зусиль фінансистів для забезпечення інвестиційної привабливості та ліквідності інструментів, юристів для гармонізації національного правового поля з європейськими стандартами та фахівців з інформаційних технологій для впровадження систем цифрового моніторингу та візуалізації процесу емісії.

Візуалізація процесів значно покращує їх сприйняття [2, с. 78]. Отже, візуалізація допоможе громадам побачити не «стіну обмежень», а конкретний шлях до фінансування.

Традиційно для візуалізації складних систем застосовують принципи уніфікованої мови моделювання UML [6, с. 4; 9] та міжнародний стандарт опису бізнес-процесів BPMN. У науковій та інженерній практиці принципи UML часто реалізуються через мови програмування Python (зокрема, бібліотеки Graphviz або Matplotlib) та спеціалізовані рішення, як-от PlantUML [6, с. 6]. Водночас інтеграція сучасних IT-рішень для динамічної візуалізації фінансових алгоритмів виходить за межі класичного моделювання та потребує врахування галузевої специфіки.

У даній роботі пропонується застосувати концепцію Graph-as-a-Code, яка базується на описі архітектури процесів за допомогою декларативних мов розмітки. Для досягнення цілей дослідження обрано мову Mermaid [6, с. 7], що дозволяє адаптувати стандарти UML до сучасних цифрових середовищ. Такий вибір обґрунтований можливістю ефективною синергією генеративного штучного інтелекту [19] з мовами розмітки, що є перспективним напрямом для автоматизованого моделювання фінансових процесів.

Мета статті – обґрунтування та розробка методики динамічної візуалізації алгоритму на основі концепції Graph-as-a-Code, що передбачає використання штучного інтелекту для трансформації семантичних нормативно-правових описів у декларативний код мови Mermaid для мінімізації управлінських ризиків, подолання інституційних бар'єрів та забезпечення прозорості фінансово-юридичних процесів на прикладі емісії зелених муніципальних облігацій в Україні.

Виклад основного матеріалу. Методологічну основу дослідження становить комплексний міждисциплінарний підхід, що базується на застосуванні системного аналізу та методу логічного узагальнення для ідентифікації законодавчих, інституційних та управлінських бар'єрів, що стримують емісійну активність громад на ринку сталих фінансів. У роботі використано метод структурно-функціонального моделювання для декомпозиції складного процесу емісії муніципальних зелених облігацій на окремі етапи відповідно до норм бюджетного та фінансового законодавства.

Для практичної реалізації моделі застосовано метод семантичного аналізу нормативно-правових положень у поєднанні з нормативно-логічним методом для встановлення чіткої відповідності між діями муніципалітету та чинною правовою базою. Інструментальною основою дослідження виступає технологія оперативної інженерії (prompt engineering), що за допомогою генеративного штучного інтелекту [19] забезпечує точну трансформацію юридичних дескрипторів у валідний програмний код мови Mermaid [6, с. 7]. Завершальним етапом є застосування концепції Graph-as-a-Code для графічної візуалізації та рендерингу алгоритму в спеціалізованих цифрових середовищах, що дозволяє конвертувати масиви текстової інформації у наочні інтерактивні схеми для мінімізації управлінських ризиків та підвищення прозорості фінансово-юридичних процесів.

У цій роботі технологія візуалізації алгоритму методом Graph-as-a-Code реалізується через таку послідовність операцій:

– Операція 1: опис алгоритму (рис. 1) – формування вхідної текстової дескрипції алгоритму, коли користувач здійснює підготовку семантичного опису досліджуваного процесу, що базується на авторському формулюванні логіки дій або на використанні зовнішнього релевантного джерела (нормативно-правового акта, галузевої інструкції чи методичного забезпечення). У якості такого джерела для опису алгоритму емісії зелених муніципальних облігацій може виступати науково-практичний посібник [4];

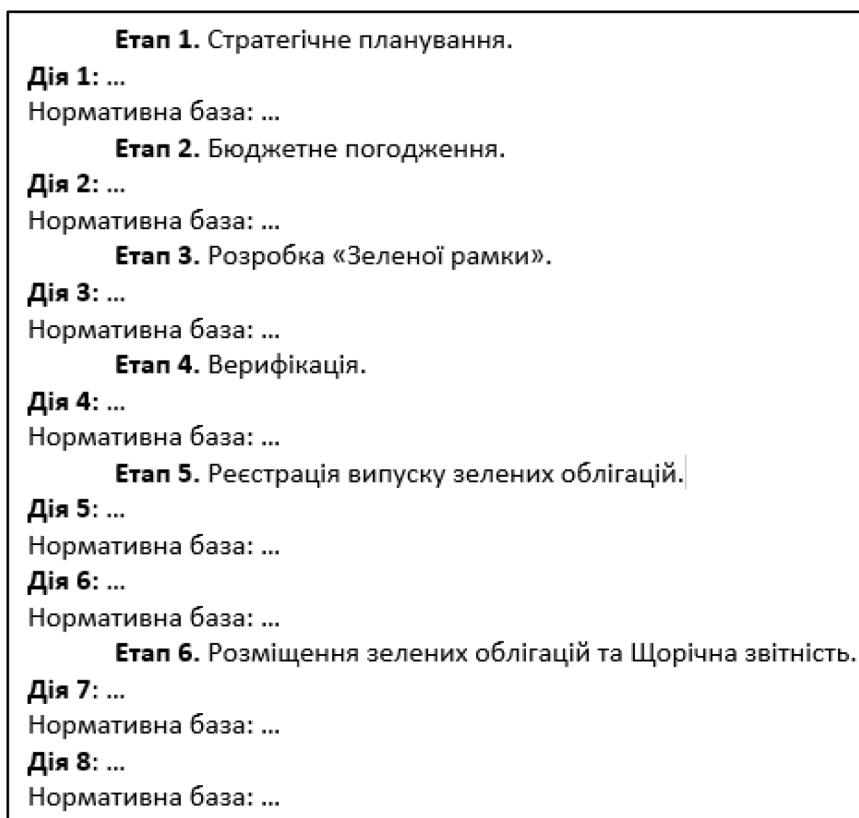


Рис. 1. Метод Graph-as-a-Code. Операція 1: опис алгоритму

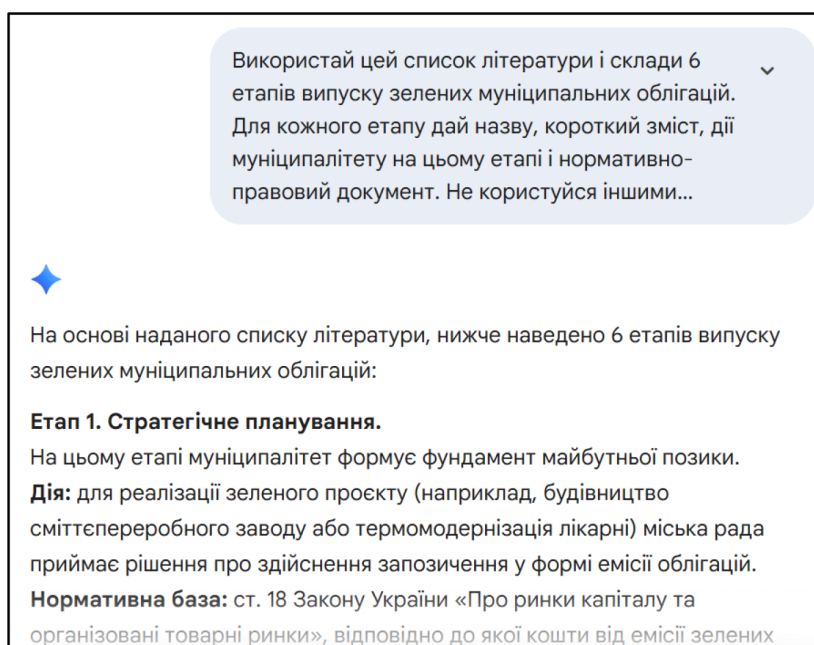


Рис. 2. Метод Graph-as-a-Code. Операція 2: інтелектуальна обробка

– Операція 2: інтелектуальна обробка (рис. 2) – пропонується підхід базується на опрацюванні масиву наукових публікацій та нормативних актів, які можуть містити фрагментарні або варіативні описи процедури емісії. Використання штучного інтелекту дозволяє здійснити інтелектуальну конвергенцію цих мультиджерельних даних, усуваючи інформаційну неповноту окремих публікацій для побудови вичерпного та несуперечливого алгоритму процесу. Такий механізм семантичного синтезу забезпечує формування цілісної цифрової моделі навіть за умови розрізненості вихідних теоретичних джерел. Операція 2 є необхідною у випадках, коли самостійна підготовка семантичної дескрипції є неможливою або за відсутності єдиного релевантного джерела знань, що зумовлює потребу в інтелектуальному синтезі розрізнених і фрагментарних даних для формування цілісного алгоритму. Для алгоритму емісії зелених муніципальних облігацій в якості мультиджерельних даних використано [1, 4, 5, 7, 10–16, 18, 20, 21], які можна доповнювати для уточнень;

– Операція 3: інтелектуальна генерація коду (рис. 3); операція виконується через застосування методів промпт-інжинірингу; здійснюється звернення до мультимодальної моделі штучного інтелекту Gemini, яка виконує семантичний аналіз вхідної дескрипції, ідентифікує логічні взаємозв'язки та нормативні обмеження, здійснюючи їх подальшу конвертацію у декларативний програмний код мови розмітки Mermaid;

– Операція 4: публікація програмного коду на вебхостингу – користувач розміщує програмний код у форматі.md на платформі GitHub, яка має вбудовану підтримку синтаксису мови Mermaid (рис. 4);

– Операція 5: візуалізація – автоматичне зчитування програмного коду вбудованими інструментами GitHub та рендеринг зображення (рис. 5).

За результатами виконаних операцій 1 і 2, алгоритм емісії муніципальних зелених облігацій можна представити як лінійний процес і розбити на декілька етапів [19].

Етап 1. Стратегічне планування.

На цьому етапі муніципалітет формує фундамент майбутньої позики.

Дія: для реалізації зеленого проєкту (наприклад, будівництво сміттєпереробного заводу або термомодернізація лікарні) міська рада приймає рішення про здійснення запозичення у формі емісії облігацій. Нормативна база: ст. 18 Закону України «Про ринки капіталу та організовані товарні ринки», відповідно до якої кошти від емісії зелених облігацій мають іти виключно на проєкти екологічного спрямування.

Етап 2. Бюджетне погодження.

На цьому етапі держава має перевірити фінансову спроможність міста.

Дія: подання пакету документів до Міністерства фінансів України. Нормативна база: ст. 74 Бюджетного кодексу України, постанова Кабінету міністрів України (КМУ) від 16.02.2011 № 110 «Про затвердження Порядку здійснення місцевих запозичень».

Результатом є офіційне погодження Міністерства фінансів України щодо обсягу та умов запозичення, яке є підставою для реєстрації облігацій НКЦПФР.

Етап 3. Розробка «Зеленої рамки».

На цьому етапі розкривається запропонована концепція емітента щодо відбору екологічних проєктів.

Дія: розробка муніципалітетом «Зеленої рамки» (Green Bond Framework) за міжнародними стандартами ICMA (Green Bond Principles).

Етап 2 і Етап 3 можуть виконуватись паралельно або у зворотній послідовності.

Етап 4. Верифікація.

На цьому етапі здійснюється незалежна оцінка на відповідність проєкту міжнародним стандартам та критеріям екологічності.

Дія: залучення верифікатора для отримання верифікації Second Party Opinion (SPO), тобто незалежного підтвердження екологічності проєкту. Нормативна база: ст. 18 Закону України «Про ринки капіталу та організовані товарні ринки», відповідно до якої емітент має надати підтвердження відповідності проєкту екологічним критеріям. Результатом є висновок SPO.

Етап 5. Реєстрація випуску зелених облігацій.

Дія: прийняття міською радою другого рішення про емісію зелених облігацій. Нормативна база: постанова КМУ від 16.02.2011 № 110 «Про затвердження Порядку здійснення місцевих запозичень».

Дія: подання проспекту емісії до НКЦПФР. Нормативна база: рішення НКЦПФР від 14.06.2018 № 391 «Про затвердження Положення про порядок емісії облігацій внутрішніх місцевих позик та їх обігу». У проспекті обов'язково вказується статус облігацій як «зелених» та додається висновок SPO.

Результатом є реєстрація випуску та присвоєння номера ISIN у Національному депозитарії України.

Критичне застереження: чинна редакція Рішення № 391 на сьогодні є інституційно обмеженою, оскільки вона не містить спеціалізованих процедур для маркування облігацій як «зелених» та не регламентує порядок подання специфічної екологічної звітності. Наразі Платформа сталого фінансування спільно з НКЦПФР працюють над проєктом нового нормативного акта, який має заповнити ці прогалини, уніфікувати вимоги до проспекту емісії та імплементувати стандарти Таксономії ЄС. До моменту прийняття цього рішення емітенти змушені самостійно інтегрувати статус «зелених» облігацій та висновок SPO у загальну структуру проспекту, спираючись на прямі норми Закону України «Про ринки капіталу та організовані



Рис. 3. Метод Graph-as-a-Code. Операція 3: генерація коду

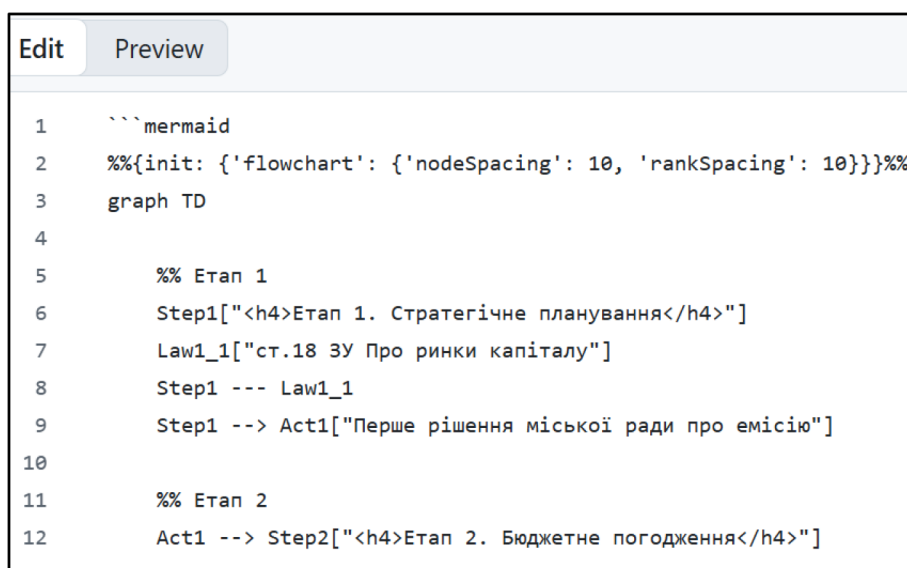


Рис. 4. Метод Graph-as-a-Code. Операція 3: код на вебхостингу

товарні ринки». Таким чином, чинна редакція рішення НКЦПФР від 14.06.2018 № 391 є одним із бар'єрів емісії зелених муніципальних облігацій.

Етап 6. Розміщення зелених облігацій та Щорічна звітність.

Дія: аукціон або продаж зелених облігацій інвесторам. Дія: щорічна звітність про екологічний вплив (Impact Reporting). Нормативна база: ст. 18 Закону України «Про ринки капіталу та організовані товарні ринки».

За результатами виконаних операцій 3, 4, 5 отримано візуалізацію алгоритму емісії зелених муніципальних облігацій у вигляді динамічної схеми (рис. 5).

Висновки. У результаті проведеного дослідження здійснено обґрунтування та практичну апробацію методики динамічної візуалізації алгоритму емісії муніципальних зелених облігацій в Україні. Застосування методу Graph-as-a-Code у поєднанні з інструментами генеративного штучного інтелекту дозволило трансформувати складні, розрізнені нормативно-правові та семантичні описи у структуровану графічну модель. Основні результати роботи дозволяють зробити такі висновки:

- визначено, що традиційні методи моделювання (UML, BPMN) потребують адаптації до сучасних цифрових середовищ, що ефективно реалізується через декларативну мову розмітки Mermaid;
- доведено ефективність використання мультимодальної моделі Gemini для інтелектуальної конвергенції мультиджерельних даних, що дозволяє усувати інформаційну неповноту та формувати вичерпні алгоритми фінансово-юридичних процесів;

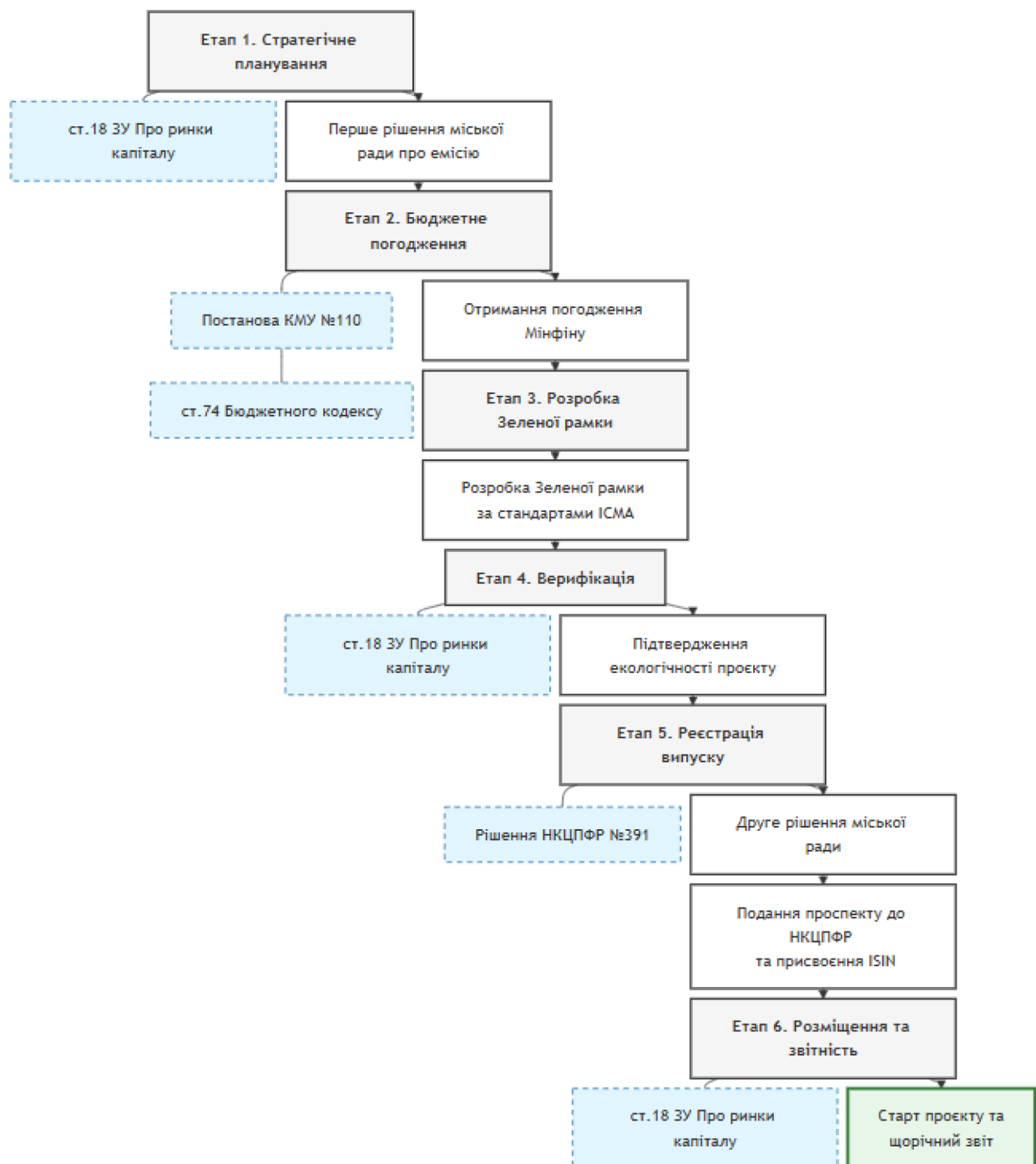


Рис. 5. Алгоритм емісії муніципальних зелених облигацій в Україні

– запропонована послідовність операцій (від формування семантичного базису до автоматичного рендерингу на GitHub) забезпечує високу точність візуалізації етапів емісії, що мінімізує ризики управлінських помилок для територіальних громад.

Дослідження має перспективу. Планується продовжити розвиток запропонованої методики в напрямі поглиблення деталізації цифрових моделей. Наступний етап наукової роботи буде присвячений розширенню архітектури схеми шляхом інтеграції додаткових графічних елементів, зокрема візуалізації специфічних ризиків та системних бар'єрів, що виникають на кожному етапі емісії зелених муніципальних облигацій. Це дозволить створити комплексний інструмент підтримки прийняття рішень для муніципалітетів, забезпечуючи не лише опис процедур, а й превентивну ідентифікацію наявних та потенційних перешкод у процесі залучення сталих інвестицій.

Список використаних джерел:

1. Варченко О. О., Драган О. О., Ткаченко К. В., Рибак Н. О., Зубченко В. В. «Зелені фінанси» в повоєнному відновленні України: організаційно-фінансові аспекти. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. № 3 (56). С. 75–85. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4403>
2. Вітківська І., Крамар Ю. Формування алгоритмічного мислення студентів ІТ-спеціальностей. *Адаптивні системи автоматичного управління*. 2025. № 2 (47). С. 20–30. DOI: <https://doi.org/10.20535/1560-8956.47.2025.340178>
3. Гладченко О. В., Ратушняк Т. В., Луценко Н. О. Впровадження інновацій штучного інтелекту в економічні процеси. *Цифрова економіка* : тези доп. III міжн. наук.-практ. конф. (Київ, 5–6 черв. 2025 р.). Київ : КНЕУ ім. В. Гетьмана, 2025. С. 591–594.
4. Козак В. І., Москвін С. О. Зелені облигації як фінансовий інструмент підтримки екологічних проєктів на місцевому рівні : наук.-практ. посіб. Київ : УСМА, 2022. 107 с.
5. Кондрат І., Ярошевич Н. Зелені облигації як інструмент фінансування проєктів екологічного спрямування: досвід для України. *Наукові перспективи*. 2022. № 10 (28). С. 142–152. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-10\(28\)-142-152](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-10(28)-142-152)
6. Лень А., Карабін О., Вовкодав О., Іваницький Р., Ясінський А. Порівняльний аналіз інструментів UML-моделювання для освітніх цілей підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій. *Наукові праці ВНТУ*. 2025. № 3. С. 65–74. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-3-65-74>
7. Мунько А. Облигації місцевої позики як інструмент фінансування проєктів відбудови та ревіталізації територій. *Науковий вісник: Державне управління*. 2024. № 1 (15). С. 306–323. DOI: [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1\(15\)-306-323](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1(15)-306-323)
8. Омельчук А. А., Ратушняк Т. В., Коротун А. Р. Аналіз методів та платформ комп'ютерної візуалізації на базі штучного інтелекту. *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Суми; Вінниця, 20–21 листоп. 2025 р.). Суми ; Вінниця : НІКО ; КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2025. С. 238–240.
9. Постіл С.Д. UML. Уніфікована мова моделювання інформаційних систем: навч. посіб. Ірпінь : Ун-т держ. фіск. служби України, 2019. 321 с.
10. Примостка Л., Слесар В. Розвиток ринку зелених облигацій. *Вісник економіки*. 2023. № 3. С. 55–67. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/49903>
11. Скорик М., Купріянова А., Ліщина А. Фінансування муніципальних сталих ініціатив через зелені облигації: потенціал місцевих громад. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 3 (54). С. 136–142. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-54-20>
12. Трушкіна Н. Зелені облигації як інструмент сталого фінансування національної економіки України у рамках реалізації Зеленої таксономії ЄС. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*. Paris, 2022. С. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-08.07.2022.003>
13. Фролов А. Мінімізація ризиків на ринку зелених облигацій. *Економіка України*. 2025. № 5 (762). С. 35–52. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.05.035>
14. Фролов А. Усунення бар'єрів на українському ринку зелених облигацій. *Вісник економіки*. 2025. № 3. С. 53–69. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.03.053>
15. Чайковський Я., Луців Б., Дзюблюк О., Чайковський Є., Луців П. Банківське зелене кредитування як ключовий інструмент екологічної модернізації економіки. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2025. № 2 (61). С. 54–72. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4651>
16. Чала В., Демідов Б. Теоретичні аспекти зеленого фінансування для забезпечення сталого розвитку. *Економічний простір*. 2024. № 193. С. 37–45. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.193.37-45>
17. Climate Bonds: вебсайт. URL: <https://www.climatebonds.net/> (дата звернення: 21.03.2026).
18. Gasperini A. Principles for Responsible Investment (PRI) and ESG factors. *Climate Action*. 2020. P. 737–749.
19. Gemini (версія 3 Flash) : мультимодальна модель штучного інтелекту / розробник Google. 2026. URL: <https://gemini.google.com> (дата звернення: 25.03.2026).
20. Nedopil Ch., Dordi T., Weber O. The nature of global green finance standards – evolution, differences, and three models. *Sustainability*. 2021. № 13 (7). 3723. P. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073723>
21. Ukrainian Climate Office : вебсайт. URL: <https://ukrainian-climate-office.org/knowledge-hub/platforma-finsuvannia-staloho-rozvytku-ukrayiny-krok-do-klimatychno-stiikoho-zrostannia/> (дата звернення: 21.03.2026).

References:

1. Varchenko, O. O., Drahan, O. O., Tkachenko, K. V., Rybak, N. O., & Zubchenko, V. V. (2024). “Zeleni finansy” v povoiennomu vidnovlenni Ukrainy: orhanizatsiino-finansovi aspekty [“Green finance” in the post-war recovery of Ukraine: organizational and financial aspects]. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 3(56), 75–85. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4403>
2. Vitkovska, I., & Kramar, Yu. (2025). Formuvannia alhorytmichnoho myslennia studentiv IT-spetsialnostei [Formation of algorithmic thinking of IT students]. *Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia*, 2(47), 20–30. <https://doi.org/10.20535/1560-8956.47.2025.340178>

-
3. Hladchenko, O. V., Ratushniak, T. V., & Lutsenko, N. O. (2025). Vprovadzhenia innovatsii shtuchnoho intelektu v ekonomichni protsesy [Implementation of artificial intelligence innovations in economic processes]. In *Digital Economy: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference* (pp. 591–594). KNEU.
 4. Kozak, V. I., & Moskvina, S. O. (2022). Zeleni oblihotsii yak finansovyi instrument pidtrymky ekolohichnykh proektiv na mistsevomu rivni [Green bonds as a financial instrument for supporting environmental projects at the local level]. UCMA.
 5. Kondrat, I., & Yaroshevych, N. (2022). Zeleni oblihotsii yak instrument finansuvannia proektiv ekolohichnoho spriamuvannia: dosvid dlia Ukrainy [Green bonds as a tool for financing environmental projects: experience for Ukraine]. *Naukovi perspektvy*, (10), 142–152. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-10\(28\)-142-152](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-10(28)-142-152)
 6. Len, A., Karabin, O., Vovkodav, O., Ivanytskyi, R., & Yasynskyi, A. (2025). Porivnialnyi analiz instrumentiv UML-modeliuvannia dlia osvitynykh tsilei pidhotovky maibutnykh fakhivtsiv u haluzi informatsiinykh tekhnolohii [Comparative analysis of UML modeling tools for educational purposes of training future specialists in the field of information technology]. *Naukovi pratsi Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, (3), 65–74. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-3-65-74>
 7. Munko, A. (2024). Oblhotsii mistsevoi pozyky yak instrument finansuvannia proektiv vidbudovy ta revitalizatsii terytorii [Local loan bonds as a tool for financing reconstruction and revitalization projects of territories]. *Naukovyi visnyk: Derzhavne upravlinnia*, (1), 306–323. [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1\(15\)-306-323](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2024-1(15)-306-323)
 8. Omelchuk, A. A., Ratushniak, T. V., & Korotun, A. R. (2025). Analiz metodiv ta platform kompiuternoї vizualizatsii na bazi shtuchnoho intelektu [Analysis of methods and platforms of computer visualization based on artificial intelligence]. In *Electronic information resources: creation, use, access and management: Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference* (pp. 238–240). NIKO; Vinnytsia Academy of Continuous Education.
 9. Postil, S. D. (2019). UML. Unifikovana mova modeliuvannia informatsiinykh system [UML. Unified Modeling Language of information systems]. University of the State Fiscal Service of Ukraine.
 10. Prymostka, L., & Slesar, V. (2023). Rozvytok rynku zelenykh oblihotsii [Development of the green bond market]. *Visnyk ekonomiky*, (3), 55–67. <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/49903>
 11. Skoryk, M., Kupriianova, A., & Lishchyna, A. (2025). Finansuvannia munitsypalnykh stalykh initsiatyv cherez zeleni oblihotsii: potentsial mistsevyykh hromad [Financing municipal sustainable initiatives through green bonds: the potential of local communities]. *Stalyi rozvytok ekonomiky*, (3), 136–142. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-54-20>
 12. Trushkina, N. (2022). Zeleni oblihotsii yak instrument staloho finansuvannia natsionalnoi ekonomiky Ukrainy u ramkakh realizatsii Zelenoi taksonomii YeS [Green bonds as a tool for sustainable financing of the national economy of Ukraine within the framework of the implementation of the EU Green Taxonomy]. *Collection of Scientific Papers «ΑΙΟΓΟΣ»*, 22–26. <https://doi.org/10.36074/logos-08.07.2022.003>
 13. Frolov, A. (2025). Minimizatsiia ryzykiv na rynku zelenykh oblihotsii [Risk minimization in the green bond market]. *Ekonomika Ukrainy*, 68(5), 35–52. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.05.035>
 14. Frolov, A. (2025). Usunennia barieriv na ukrainskomu rynku zelenykh oblihotsii [Eliminating barriers in the Ukrainian green bond market]. *Visnyk ekonomiky*, (3), 53–69. <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.03.053>
 15. Chaikovskiy, Ya., Lutsiv, B., Dziubliuk, O., Chaikovskiy, Ye., & Lutsiv, P. (2025). Bankivske zelene kredytuvannia yak kliuchovy instrument ekolohichnoi modernizatsii ekonomiky [Banking green lending as a key tool for environmental modernization of the economy]. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, (2), 54–72. <https://doi.org/10.55643/fcaptop.2.61.2025.4651>
 16. Chala, V., & Demidov, B. (2024). Teoretychni aspekty zelenoho finansuvannia dlia zabezpechennia staloho rozvytku [Theoretical aspects of green financing to ensure sustainable development]. *Ekonomichnyi prostir*, (193), 37–45. <https://doi.org/10.30838/EP.193.37-45>
 17. Climate Bonds. (2026). Climate Bonds Initiative. <https://www.climatebonds.net>
 18. Gasperini, A. (2020). Principles for Responsible Investment (PRI) and ESG factors. *Climate Action*, 737–749.
 19. Google. (2026). Gemini (3 Flash version) [Large language model]. <https://gemini.google.com>
 20. Nedopil, Ch., Dordi, T., & Weber, O. (2021). The nature of global green finance standards – evolution, differences, and three models. *Sustainability*, 13(7), 3723, 1–23. <https://doi.org/10.3390/su13073723>
 21. Ukrainian Climate Office. (2026). Platforma finansuvannia staloho rozvytku Ukrainy [Sustainable Finance Platform of Ukraine]. <https://ukrainian-climate-office.org/knowledge-hub/platforma-finansuvannia-staloho-rozvytku-ukrayiny-krok-do-klimatychno-stiikoho-zrostantia/>

Дата першого надходження статті до видання: 28.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026