

обладнання. Нарешті, відповідність регуляторним вимогам (ЄС MDR, стандартам ISO та IEC) забезпечує необхідний рівень безпеки та якості при впровадженні інноваційних ШІ-технологій у медичні ендоскопи. Ретельний підхід до тестування і валідації AI-систем разом із дотриманням чинних нормативів сприятиме підвищенню надійності МВ та покращенню результатів лікування пацієнтів. Оцінка ризиків у сфері технічної експлуатації МВ, зокрема гнучких ендоскопів, є надзвичайно важливою для забезпечення їхньої надійності та безпеки. Гнучкі ендоскопи, які активно використовуються в гастроентерології, урології, бронхоскопії та інших галузях медицини, піддаються значним навантаженням і з часом можуть мати мікропошкодження, збої в роботі каналів або оптики, які складно виявити без спеціалізованої діагностики. У цьому контексті застосування технологій ШІ відкриває нові перспективи у виявленні прихованих дефектів, прогнозуванні несправностей та зниженні ризиків для пацієнтів і медичного персоналу.

Застосування ШІ три технічній експлуатації та прогнозуванні ТС не лише підвищує ефективність управління ризиками, а й формує новий стандарт якості у сфері медичного обслуговування, де технічна надійність безпосередньо впливає на результат лікування пацієнтів. В умовах швидкого розвитку медичних технологій ШІ стає критично важливим елементом модернізації сервісних підходів.

#### Список посилань

1. Кучеренко В.Л. Ремонтпридатність при проектуванні медичних виробів як фактор забезпечення ефективності прогнозування їх технічного стану. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2024): XIII міжнар. конф., 23-24 травня 2024 р.: тези доп. – Чернівці, 2024. – С. 261.

2. Оленін С.О. Застосування штучного інтелекту в діагностиці медичних гнучких ендоскопів: Тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, Київ, 2025, Державний університет «Київський авіаційний інститут» / Редакційна колегія К. Семенова [та ін.]. – К.: КАІ, 2025. – С. 41.

УДК 004.82

Єщенко М.С., аспірант

Національний університет «Києво-Могилянська академія», kolya.yes171@gmail.com

### СПОСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН

Блокчейн є дуже привабливою технологією завдяки своєму публічному, незмінному та впорядкованому реєстру транзакцій, відкритому лише для додавання. Системи блокчейн мають міждисциплінарний характер, оскільки поєднують різні сфери, такі як криптографія, мультиагентні системи, розподілене обчислення та інші. Окрім того, вони існують у дуже активному та динамічному середовищі, де нові платформи та алгоритми постійно розробляються через зростаючий інтерес громадськості та бізнесу до цієї технології. Враховуючи складність та багатогранність блокчейну, використання інших, більш ґрунтовно досліджених доменів для його моделювання може допомогти краще зрозуміти його можливості та обмеження.

Модель – абстракція певних аспектів системи-об'єкта моделювання. Вона створюється для досягнення конкретних поставлених цілей – наприклад, для надання зрозумілого опису певних частин системи або інформації в такій формі, яку можна ефективно проаналізувати. У контексті блокчейну існує обмежена кількість досліджень, що безпосередньо зосереджені на його моделюванні [1 – 5]. На основі даних досліджень у літературі щодо блокчейну було виокремлено такі парадигми моделювання:

- процесно-орієнтована;
- теоретико-графова;
- об'єктно-орієнтована;

- агентно-орієнтована.

Розглянемо послідовно кожну з парадигм з метою висвітлення інформації про те, як вони моделюють учасників (тобто користувачів і ініціаторів блоків), взаємодії, поведінку та структури даних (наприклад, транзакції) використовуючи пропоновані ними абстракції.

У процесно-орієнтованій парадигмі [1] (також відомій як парадигма розподіленого програмування) система складається з кількох розподілених процесів (де абстракція процесу може представляти фізичний чи віртуальний комп'ютер, процесор в комп'ютері або окремий потік виконання в паралельній системі), що об'єднані комунікаційними каналами (ймовірно консенсусом чи загальною пам'яттю) та взаємодіють для виконання спільного завдання.

Теоретико-графова парадигма [2] акцентує увагу на топології, зокрема на сполучних властивостях алгебраїчних чи математичних об'єктів. У контексті розподілених обчислень ці об'єкти є узагальненими графами, а їхні зв'язувальні властивості визначають можливості обчислення розподілених алгоритмів.

В об'єктно-орієнтованій парадигмі [3] система складається з кількох об'єктів (або екземплярів класів), які взаємодіють через локальні або віддалені виклики методів (або передачу повідомлень). Класи мають певні функції, інкапсулюючи дані (у вигляді абстракцій атрибутів) та код (у вигляді абстракцій методів), що маніпулює цими даними, і з'єднуються між собою через абстракції асоціацій. Ця парадигма спрямована на створення та/або аналіз систем, які легко розширювати і підтримувати.

У агентно-орієнтованій парадигмі [4; 5] система складається з кількох автономних агентів, які мають здатність сприймати своє оточення, приймати рішення незалежно (як реактивно, так і проактивно) і взаємодіяти з оточенням, таким чином формуючи мультиагентну систему. Ця парадигма акцентує увагу на створенні та/або аналізі систем, які характеризуються високим ступенем відкритості, автономії, розумності та складності, де агенти можуть адаптуватися до змін у середовищі та виконувати складні задачі в умовах невизначеності.

Отже, моделі забезпечують абстракції, які використовуються для представлення та передачі важливої інформації, без зайвих деталей, і допомагають впоратися зі складністю досліджуваної проблеми або розробленого рішення, і тому вкрай важливо використовувати оптимальний підхід до моделювання. З усіх розглянутих методів моделювання можна виділити агентно-орієнтований як найбільш обіцяючий з точки зору його універсальності та близькості парадигми мультиагентних систем до структури блокчейну. Подальшу роботу варто спрямувати на поліпшення точності моделей технології блокчейн, утворених саме завдяки агентно-орієнтованому підходу.

#### Список посилань

1. Sapirshstein A. Optimal Selfish Mining Strategies in Bitcoin [Electronic resource] / Ayelet Sapirshstein, Yonatan Sompolinsky, Aviv Zohar // International Conference on Financial Cryptography and Data Security. – 2016. – Mode of access: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1507.06183>
2. Meldman-Floch W. Blockchain Cohomology [Electronic resource] / Wyatt Meldman-Floch // Constellation Labs. – 2018. – Mode of access: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.07047>
3. Alharby M. BlockSim: An Extensible Simulation Tool for Blockchain Systems [Electronic resource] / Maher Alharby, Aad van Moorsel // Frontiers in Blockchain. – 2020. – Vol. 3. – Mode of access: <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00028>
4. Gürcan Ö. Multi-Agent Modelling of Fairness for Users and Miners in Blockchains [Electronic resource] / Önder Gürcan // Communications in Computer and Information Science. – Cham, 2019. – P. 92–99. – Mode of access: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24299-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24299-2_8)
5. On Using Agent-based Modeling and Simulation for Studying Blockchain Systems [Electronic resource] / Önder Gürcan // In JFMS 2020—Les Journées Francophones de la Modélisation et de la Simulation—Convergences entre la Théorie de la Modélisation et la Simulation et les Systèmes Multi-Agents. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.01574>