



**Олексій Конашевич<sup>1</sup>**  
**Доктор філософії із права,**  
**науки та технологій блокчейн**  
**та електронного урядування**

УДК 347.2:347.4:347.7

DOI: <https://doi.org/10.69724/2786-8834-2024-1-1-146-168>

## ПОМИЛКОВІ УЯВЛЕННЯ ПРО ЗАСТОСУВАННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ В ДЕРЖАВНИХ РЕЄСТРАХ НЕРУХОМОСТІ

**Конашевич Олексій. Помилкові уявлення про застосування блокчейн технологій в державних реєстрах нерухомості**

### **Анотація**

Технологія блокчейн багато обговорюється в світі в контексті її застосування в реєстрах власності — землі та іншого нерухомого майна. Ця стаття аналізує кілька спроб в різних країнах застосувати цю технологію (в Швеції, Грузії та Великій Британії), та пояснює чому ці проекти провалились чи не отримали подальшого розвитку. Основний розділ статті пропонує ще більш широкий погляд на типові хибні уявлення про властивості технології блокчейн та аналізує концепції її застосування, та зокрема, обговорює ідею титул токену та реєстру нерухомості нового покоління, що в своїй основі спирається на зв'язку блокчейн мереж.

**Ключові слова:** технологія блокчейн, смарт-контракти, титул токен, нерухоме майно, реєстр нерухомості, реалізація права власності

### **I. Постановка проблеми**

У 2020 в рамках докторської дисертації в дослідницькій програмі LAST-JD (Болонський університет та консорціум) була викладена концепція реєстрів нерухомості нового покоління, що базуються на технології блокчейн. Основною тезою дисертації стала ідея титул токену як цифрового еквіваленту титулу на майно<sup>2</sup>. По суті це запис про право власності в електронному вигляді, що не тільки зберігається у специфічній розподіленій базі даних блокчейн, але є об'єктом (токеном), що передається в рамках транзакцій смарт контрактів. На відміну від існуючих електронних реєстрів власності, де транзакція опосередковується авторизованим реєстратором (нотаріусом тощо), управління титул токеном, у тому числі його відчуження, здійснюється його власником безпосередньо через механізм асиметричної криптографії, де токен прив'язаний до адреси, що є похідною від публічного ключа користувача,

<sup>1</sup> [oleksii@konashevych.com](mailto:oleksii@konashevych.com)

<sup>2</sup> Konashevych, O.: General Concept of Real Estate Tokenization on Blockchain. European Property Law Journal. 9, 1–45 (2020). <https://doi.org/10.1515/EPLJ-2020-0003>.

а його приватний ключ є приводним механізмом авторизації транзакції. Таким чином, передача права власності може здійснюватися шляхом передачі токена від адреси одного на адресу іншого власника, шляхом накладення цифрового підпису відповідним приватним ключем та публікації цієї транзакції у блокчейн мережі.

Ключовим висновком такої конструкції стало те, що блокчейн вбирає в себе дві функції одразу: це є цифровим середовищем, де учасники відносин із нерухомістю вчиняють правочини у вигляді смарт контрактів (комп'ютерних програм), але сам блокчейн одночасно є цифровим сховищем, де ці транзакції фіксуються в реальному часі. Таким чином, транзакції із титул токенами не потребують подальшої реєстрації в якомусь окремому реєстрі нерухомості, блокчейн і є реєстром. Для цього в дослідженні запропонована концепція «розумних законів» (smart laws), що слугує вирішенню задач державного регулювання та забезпечення відповідності транзакцій нормам права. По суті це ті ж самі смарт контракти, тобто комп'ютерні програми, але вони мають ієрархічно вищу силу по відношенню до смарт контрактів із нерухомістю, і є технічними і юридичними рамками для таких транзакцій. Через цифровізацію правового регулювання може бути автоматизовано приблизно до 90% правочинів із нерухомістю, тобто принаймні на цьому етапі розвитку права та технологій може бути забезпечений такий рівень автоматизації державного регулювання<sup>3</sup>. Лише в ситуаціях, коли особа не може здійснити транзакцію власноруч, наприклад спадкодавець у відносинах спадкування, внаслідок судового спору про право або втрати приватного ключа<sup>4</sup>, потрібен реєстратор як офіційний представник держави.

В світі обговорюються та намагаються реалізувати інші ідеї застосування блокчейн технологій в реєстрах та правочинах із нерухомістю. Оскільки ніде не реалізований повноцінний реєстр нерухомості на блокчейні, головною проблемою є обрання підходу та технології за допомогою яких такий реєстр можна створити, а відповідно отримати ті чи інші корисні властивості від реалізованої концепції.

## II. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В Україні академічні досліди з приводу застосування блокчейн технології в державних реєстрах нерухомого майна чи землі не велись. За останній час в світі за'явилися академічні праці, що прямо присвячені питанню застосування блокчейн технологій в земельних реєстрах<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Слід зауважити, що ця гіпотеза висловлена у зазначеній дисертації, і потребує як там вказано, подальшої практичної перевірки.

<sup>4</sup> Тобто потрібно відновити доступ до програмного забезпечення, що зберігає титульний запис – аналогом цієї технічної процедури є юридична процедура відновлення втраченого права.

<sup>5</sup> Як правило в інших державах на відміну від України, держаний земельний реєстр є єдиним реєстром нерухомої власності для земельних ділянок та будівель, а також всіх пов'язаний із цим прав і обтяжень. Тому тут і далі під земельним реєстром розуміється самий такий реєстр. Іноді в іноземній літературі для спрощення також зазначається як реєстр власності.

Серед інших, системна робота по вивченню питання застосування блокчейн технології в реєстрах нерухомості проведена в дисертаційній роботі (за публікаціями)<sup>6</sup> «Токенізація нерухомості на блокчейні». Робота складається із статей «Загальна концепція токенизації нерухомості на блокчейні» (О. Конашевич)<sup>7</sup> та «Крос-блокчейн-протокол для публічних реєстрів» (О. Конашевич)<sup>8</sup> та інших статей. Перша стаття аналізує юридичні та технічні аспекти впровадження технології блокчейн в реєстрові системи власності, а друга пропонує технічний протокол за допомогою якого можна з одного боку створити мульти-чейн систему, а із іншого реалізувати функції державного управління в сфері реєстрації прав на нерухоме майно, про що було сказано в постановці проблеми.

Далі варто згадати про кілька несистемних та не пов'язаних між собою статей дослідників із Індії<sup>9</sup>. Їх спільною рисою є те, що попри ідентифіковані вади сучас-

<sup>6</sup> В рамках міжнародної програми Еразмус Мундус LAST-JD за участі Болонського університету (Італія) та Автономного університету в Барселоні (Іспанія).

<sup>7</sup> Konashevych, O.: General Concept of Real Estate Tokenization on Blockchain. *European Property Law Journal*. 9, 1–45 (2020). <https://doi.org/10.1515/EPLJ-2020-0003>.

<sup>8</sup> – : Cross-blockchain protocol for public registries. *International Journal of Web Information Systems*. 16, 571–610 (2020). <https://doi.org/10.1108/IJWIS-07-2020-0045>.

<sup>9</sup> Nandi, M., Bhattacharjee, R. K., Jha, A., Barbhuiya, F. A.: A secured land registration framework on Blockchain. In: ISEA-ISAP 2020 – Proceedings of the 3rd ISEA International Conference on Security and Privacy 2020. pp. 130–138. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (2020). <https://doi.org/10.1109/ISEA-ISAP49340.2020.235011>.

Sahai, A., Pandey, R.: Smart contract definition for land registry in blockchain. *Proceedings – 2020 IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2020*. 230–235 (2020). <https://doi.org/10.1109/CSNT48778.2020.9115752>.

Manoj, A., Yadav, J., Mui, M.: A Secure Based Land Registry Decentralized Framework Using Blockchain On Cloud. *International Journal of Computer and Organization Trends*. 11, (2021). <https://doi.org/10.14445/22492593/IJCOT-V11I3P302>.

Moazzam, M., Gupta, S., Waseem, S.: Land Registration Using Blockchain Technology. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research – JETIR*. 8, (2021).; Soner, S., Litoriya, R., Pandey, P.: Exploring Blockchain and Smart Contract Technology for Reliable and Secure Land Registration and Record Management. *Wirel Pers Commun*. 121, 2495–2509 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08833-1>.; Sharma, R., Galphat, Y., Kithani, E., Tanwani, J., Manghani, B., Achhra, N.: Digital Land Registry System Using Blockchain. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST2021)*. Elsevier BV (2021). <https://doi.org/10.2139/SSRN.3866088>;

Siddhant Chatterjee Ayesha Shaikh Anjali Singh Pravin Jangid: Land Registry System Using Blockchain. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 9, (2022).;

Shuaib, M., Alam, S., Ahmed, R., Qamar, S., Nasir, M. S., Alam, M. S.: Current Status, Requirements, and Challenges of Blockchain Application in Land Registry. *International Journal of Information Retrieval Research (IJIRR)*. 12, (2022). <https://doi.org/10.4018/IJIRR.299934>;

Lagad, V., Parandkar, S., Raut, M., Sarade, A., Shilpa Pimpalkar, M.: Securing Land Registration Using Blockchain. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*. 11, (2022). <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2022.1107040>;

Athawale, S. V.: Modern Land Registration and Transactions using Blockchain. *International Journal of Mechanical Engineering*. 7, 974–5823 (2022).

V, R. K. K., A, R. G., Kumar, V. N.: Blockchain and Smart Contract for Land Registration using Ethereum Network. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 10, (2022). <https://doi.org/10.17577/IJERTCONV10IS08005>.

ної централізованої системи державного реєстру землі, жоден автор не розглядає системну реорганізацію за допомогою технології блокчейн. Блокчейн чи інші технології розподіленого реєстру пропонуються як вспоміжні технології реєстру нерухомості для тих чи інших окремих задач, а в інших випадках як технології укладення правочинів тобто зовсім як поза-реєстрова система, при цьому в самому реєстрі не пропонуються ніякі зміни. Подібний ступень опрацювання цього питання спостерігається в публікаціях співавторів із Саудівської Аравії, Малайзії<sup>10</sup>, Індонезії<sup>11</sup>, автори із Туреччини<sup>12</sup>, європейських авторів та авторських колективів<sup>13</sup>,

- Banerjee, S., Kumar, K., Masulkar, P., Amin, R., Dwivedi, S. K.: Blockchain and IPFS-based reliable land registry system. *Security and Privacy*. 5, e236 (2022). <https://doi.org/10.1002/SPY2.236>.
- Umrao, L. S., Patel, S. C., Kumar, S.: Blockchain-Based Reliable Framework for Land Registration Information System. <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJTD.300743>. 13, 1–16 (2022). <https://doi.org/10.4018/IJTD.300743>.
- Janbandhu, S., Saindane, D., Jadhav, R., Gawale, P., Waykar, S.: Land Registration & Transfer of Entitlement using Blockchain. *Int J Res Appl Sci Eng Technol*. 11, 2044–2050 (2023). <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2023.49885>.
- Tarakesham, G., Raghu, K., Reddy, R., Reddy, D. S., Subba, M., Billakurty, R.: Land Registration Platform. *International Journal of Research Publication and Reviews Journal homepage: www.ijrpr.com*. 4, 3257–3263 (2023).
- Faiz, M., Wagh, S. K., Shahapure, R., Deb, S., Kamble, P.: Land Registration System Using Blockchain. *International Journal of Creative Research Thoughts – IJCRT*. 11, 2320–2882 (2023).
- Subedha, V., Vivek, B., Sai, C. N. V., Vadana, A. S., Dhanwanth, B.: A Novel Strategy for Streamlining Land Registration using Ethereum Blockchain. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 11, 104–111 (2023).
- Sahni, U., Garg, S., Srivastava, T., Sharma, T., Malsa, N., Ghosh, A., Shaw, R. N., Gupta, V.: Framework for Land Registry System Using Ethereum Blockchain. *Communications in Computer and Information Science*. 1749 CCIS, 431–440 (2023). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0\\_39/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0_39/COVER).
- <sup>10</sup> Shuaib, M., Alam, S., Ahmed, R., Qamar, S., Nasir, M. S., Alam, M. S.: Current Status, Requirements, and Challenges of Blockchain Application in Land Registry. *International Journal of Information Retrieval Research (IJIRR)*. 12, (2022). <https://doi.org/10.4018/IJIRR.299934>;
- Shuaib, M., Daud, S. M., Alam, S., Khan, W. Z.: Blockchain-based framework for secure and reliable land registry system. *TELEKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. 18, 2560–2571 (2020). <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V18I5.15787>.
- Shuaib, M., Hassan, N. H., Usman, S., Alam, S., Bhatia, S., Mashat, A., Kumar, A., Kumar, M.: Self-Sovereign Identity Solution for Blockchain-Based Land Registry System: A Comparison. *Mobile information systems*. 2022, 1–17 (2022). <https://doi.org/10.1155/2022/8930472>.
- Christine, H., Novelianto, K. T., Restiawati, M., Jayanti, H. Y., Afriyadi, A.: A Study of Permissioned Blockchain-Based Framework for Land Ownership Tracking in Indonesia. *Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 17, 119–126 (2022). <https://doi.org/10.35969/interkom.v17i3.258>.
- <sup>11</sup> Christine, H., Novelianto, K. T., Restiawati, M., Jayanti, H. Y., Afriyadi, A.: A Study of Permissioned Blockchain-Based Framework for Land Ownership Tracking in Indonesia. *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 17, 119–126 (2022). <https://doi.org/10.35969/interkom.v17i3.258>
- <sup>12</sup> Mendi, A. F., Demir, Ö., Sakaklı, K. K., Çabuk, A.: A new approach to land registry system in Turkey: Blockchain-based system proposal. *Photogramm Eng Remote Sensing*. 86, 701–709 (2020). <https://doi.org/10.14358/PERS.86.11.701>.
- <sup>13</sup> Garcia-Teruel, R. M.: Legal challenges and opportunities of blockchain technology in the real estate sector. *Journal of property, planning and environmental law*. 12, 129–145 (2020). <https://doi.org/10.1108/JPEL-07-2019-0039>.
- Bennett, R., Miller, T., Pickering, M., Kara, A.-K.: Hybrid approaches for smart contracts in land administration: Lessons from three blockchain proofs-of-concept. *Land (Basel)*. 10, 1–23 (2021). <https://doi.org/10.3390/land10020220>.

що пропонують широкі дискусії на тему переваг блокчейн технології, без конкретних пропозиції, серед яких помітні праці двох міжнародний авторських колективів<sup>14</sup> із фокусом на обговорення різних ідей та концепцій.

### III. Мета статті

Ця стаття має на меті окреслити, які взагалі існують уявлення про застосування блокчейн технологій в реєстрах власності, чому пілоти, тести і прототипи системи не були впроваджені чи їх пілотування завершилось без продовження. Після чого буде проаналізовані розповсюджені ідеї застосування блокчейн технології, а також вказано на спірні твердження і ідеї, що обговорюються серед зацікавленої аудиторії.

### IV. Огляд відомих проектів за участю реєстрів нерухомості Шведський випробувальний стенд Кромавей

Одним із відомих проектів в світі, який часто пригадується, є так званий випробувальний стенд (переклад із англійської «testbed») Земельного кадастру Швеції та партнерів<sup>15</sup>.

Уявлення про деталі проекту в Швеції дає власне сам звіт організаторів проекту<sup>16</sup>. Цей проект є фактично першим в цій статті предметом розвінчання омани. По-перше, проект не є діючим. В звіті зазначено, що учасники проекту зробили прототип системи та публічно продемонстрували її<sup>17</sup>. На момент публікації відомо, що цей проект не набув ніякого продовження. По-друге, державний реєстровий орган не впроваджував блокчейн. А по-третє, за суворими академічними критеріями технологія Кромія (Chromia) від компанії Кромавей (Chromaway), із якою працювали учасники проекту, не є блокчейном, а відноситься до категорії централізованих розподілених реєстрів (про спірні властивості якої буде сказано в наступному розділі).

Ameyaw, P. D., de Vries, W. T.: Toward smart land management: Land acquisition and the associated challenges in Ghana. a look into a blockchain digital land registry for prospects. *Land (Basel)*. 10, 1–22 (2021). <https://doi.org/10.3390/land10030239>.

Stefanovic, M., Przulj, D., Ristic, S., Stefanovic, D., Nikolic, D.: Smart Contract Application for Managing Land Administration System Transactions. *IEEE Access*. 10, 39154–39176 (2022). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164444>.

Racetin, I., Kilić Pamuković, J., Zrinjski, M., Peko, M.: Blockchain-Based Land Management for Sustainable Development. *Sustainability (Basel, Switzerland)*. 14, 10649 (2022). <https://doi.org/10.3390/su141710649>.

<sup>14</sup> Sahni, U., Garg, S., Srivastava, T., Sharma, T., Malsa, N., Ghosh, A., Shaw, R. N., Gupta, V.: Framework for Land Registry System Using Ethereum Blockchain. *Communications in Computer and Information Science*. 1749 CCIS, 431–440 (2023). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0\\_39/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0_39/COVER).

Bennett R., Miller, T., Pickering, M., Kara, A.-K.: Hybrid approaches for smart contracts in land administration: Lessons from three blockchain proofs-of-concept. *Land (Basel)*. 10, 1–23 (2021). <https://doi.org/10.3390/land10020220>.

<sup>15</sup> Партнери: Lantmäteriet, Landshypotek Bank, SBAB, Telia company, ChromaWay and Kairos Future

<sup>16</sup> The Land Registry in the blockchain – testbed. By Lantmäteriet, Landshypotek Bank, SBAB, Telia company, ChromaWay and Kairos Future. (2017).

<sup>17</sup> <https://youtu.be/nkMm8PBozjl?si=SXskPDWgsQ-ttvKL>

За задумом прототип програми був комерційним посередницьким онлайн додатком для учасників правочинів із іпотекою та їх представників, тобто зокрема, продавця, його агенту, покупця, його агенту, та банку, що надає кредит. Роль земельного реєстру зводилась до того, щоб надати API доступ до бази даних, щоб демо-додаток міг отримати актуальні електронні записи про об'єкти купівлі-продажу. Задача демо-додатку була в тому, щоб сторони могли збирати в ньому дані про етапи підготовки правочину та взаємодіяти: виставлення оферти, розгляд банком запиту на кредит, підтвердження кредиту, акцепт, відомості про стан реєстрації передачі права власності та обтяження. Тобто у додаток збирались дані від різних учасників і, відповідно, всі учасники їх бачили в реальному часі. При цьому кожний новий допис чи файл, що сторони завантажували у додаток, якорились у розподіленому реєстрі. Тобто ніякої взаємодії земельного реєстру та блокчейн технологій напряму не відбулось.

Оцінюючи шведський проект, можна стверджувати про його сумнівний інноваційний потенціал із точки зору:

- деінтермедіації, оскільки кількість посередників не тільки не зменшилась, а збільшилась, адже додаток сам по собі є ще одним посередницьким сервісом; та
- перебільшення значення розподіленого реєстру — звіт не переконливо пояснює навіщо був застосований розподілений реєстр;
- перебільшення властивості цього реєстру в сенсі надійності, адже розподілений реєстр не вирішує задачу захисту даних як блокчейн, про що буде сказано далі.

Позитивним аспектом, цього демо-додатку була ідея застосувати цифровий підпис та замінити паперовий договір на електронний. Втім система кваліфікованих цифрових підписів<sup>18</sup> працює в Європі і так, блокчейн в даному випадку не грає ніякої ролі.

### Проект Бітф'юрі в Грузії

Другим відомими випадком, який згадується як застосування блокчейн технології в державному реєстрі нерухомості, є проект Бітф'юрі (Bitfury) в Грузії. Аналіз цього проекту пропонує ряд джерел<sup>19</sup> документація технології Екзонум (Exonum) на веб-сайті Бітф'юрі<sup>20</sup>.

<sup>18</sup> <https://www.eid.as/#article3>

<sup>19</sup> Shang, Q., Price, A.: A Blockchain-Based Land Titling Project in the Republic of Georgia: Rebuilding Public Trust and Lessons for Future Pilot Projects. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*. 12, 72–78 (2019). [https://doi.org/10.1162/inov\\_a\\_00276](https://doi.org/10.1162/inov_a_00276).

Konashkevych, O., Poblet, M.: Blockchain anchoring of public registries: Options and challenges. In: *ACM International Conference Proceeding Series*. pp. 317–323. Association for Computing Machinery, Melbourne, Australia (2019). <https://doi.org/10.1145/3326365.3326406>.

Lazuashvili, N., Norta, A., Draheim, D.: Integration of Blockchain Technology into a Land Registration System for Immutable Traceability: A Casestudy of Georgia. *Lecture Notes in Business Information Processing*. 361, 219–233 (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4\\_15/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_15/COVER).

<sup>20</sup> <https://exonum.com/doc/version/latest/>

Суттю цього проекту є якоріння записів державного реєстру в розподіленому реєстрі на основі фреймворку Екзонум, снапшоти якого періодично якорились в мережі Біткоїн. Проект заявлявся як шар захисту державного реєстру, що є предметом академічної та експертної критики<sup>21</sup>. По-перше, хеш-сума, опублікована в розподіленому реєстрі, не захищає самі дані в державному реєстрі. Якщо реєстр може бути знищений в результаті атаки, то хеш-суми не можуть захистити від такої атаки і точно не дадуть ніякої змоги його відновити. Тому слово «захист» є некоректним. Хеш-сума надає лише можливість зробити перевірку на автентичність запису. А по-друге, одна нода взагалі не є розподіленим реєстром, а навіть кілька нод розподіленого реєстру із використанням фреймворку Екзонум залишається слабко захищеною системою. Тобто навіть факт надійного захисту самих хешів є сумнівним. По-третє, хеш-сума є централізованою, тобто такою, що легко змінюється адміністратором системи (чи тим, хто отримав адміністративний контроль внаслідок атаки. Тим не менше проект залишається діючим.

### Назва в рамках Цифрової вулиці у Великій Британії

Третім випадком, що отримав деяку публічну увагу, є прототип системи в рамках проекту «Цифрова вулиця у Великій Британії», розроблений компанією Консенсис (Consensus)<sup>22</sup>. Про проект відомо не багато, оскільки публічно доступна лише кілька веб-сторінок<sup>23</sup>, які з'явилися на етапі проектування прототипу із загальним описом. Таким чином, важко однозначно аналізувати результати цієї справи, але відсутність оновлень із 2018 року само по собі надає деякі підґрунтя для висновків.

Ідеєю проекту є використання токенів, що символізують титул на майно, і використання мережі розподіленого реєстру для проведення транзакцій із цим токеном. Із аналізу матеріалу проекту стає зрозумілим, що токен є дублікатом запису про право, що зберігається в реальному реєстрі. Проект використовує слово «близнюк» (англійською twin), описуючи токен-запис у розподіленому реєстрі. Із скупого пояснення відомо, що транзакцією із токеном в блокчейні мав слідувати відповідний реєстровий запис про передачу титулу в державному реєстрі. Таким чином, правовий характер токен запису не є зрозумілим, а так само які саме задачі він мав би виконувати.

<sup>21</sup> Konashevych, O., Poblet, M.: Blockchain anchoring of public registries: Options and challenges. In: ACM International Conference Proceeding Series. pp. 317–323. Association for Computing Machinery, Melbourne, Australia (2019). <https://doi.org/10.1145/3326365.3326406>.

<sup>22</sup> Blockchain Case Study | HMLR: Real Estate Tokenization in the UK | Consensus, <https://consensus.net/blockchain-use-cases/finance/hmlr/>, last accessed 2023/10/02.

<sup>23</sup> HM Land Registry to explore the benefits of blockchain – GOV.UK, <https://www.gov.uk/government/news/hm-land-registry-to-explore-the-benefits-of-blockchain>, last accessed 2023/10/02.  
From smart contracts to blockchain: year two of our research – HM Land Registry, <https://hmlandregistry.blog.gov.uk/2018/10/16/from-smart-contracts-to-blockchain-year-two-of-our-research/>, last accessed 2023/10/02.

## Інші проекти

Інші випадки не є достатньо цікаві для практичного вивчення, хоча також мають певний академічний інтерес і можливо по них може з'явитися додаткові дані в майбутньому. Так, під егідою двох організацій ООН – Програми ООН з населених пунктів<sup>24</sup> та Офісу інформаційно-комунікаційних технологій<sup>25</sup>, в Афганістані була спроба вирішити проблему відсутності правовстановлюючих документів та неупорядкованості реєстрових записів. Проте з приходом Талібану результати проекту та взагалі ситуація з ним стали недоступні для відстеження. Аналіз проекту на початковій стадії доступний в одній із статей в академічній літературі<sup>26</sup>.

Майже нічого не відомо також про намагання компанії Ек'юбітс (Accubits) в Об'єднаних Арабських Еміратах. Зрозумілим є те, що проект на стадії концептуалізації залишився за зачиненими дверима<sup>27</sup>. Так само ініціатива американської компанії Пропі (Propru) залишилась без руху в Україні. Відомо, що за задумом, записи Державного кадастрового реєстру України мали б якоритись в розподіленому реєстрі, подібно проекту в Грузії.

## V. Помилкові уявлення про блокчейн

Непорозуміння починаються з питання як саме застосовувати блокчейн. Є принципово два способи: (1) зберігати дані та (2) побудувати її як транзакційну систему. Розберемо обидві в контексті державних реєстрів, зокрема, права власності.

Перший спосіб відповідає потребі реєструвати факти. Наприклад, кадастрові дані про якість ґрунту. Із більш загальних прикладів не пов'язаних із нерухомістю, може бути фіксація усляких фактів, як-то видача посвідчення нотаріуса, запис про КОВІД вакцинацію або про факт укладення шлюбу. Принциповим є, що такі реєстри не потребують передачі запису (токену) від одного власника (адреси) до іншого.

Транзакційний спосіб натомість має сенс саме для реєстрів, де це потрібно, наприклад для передачі прав власності. Технологія блокчейн була винайдена Сатоші Накамото саме для транзакцій<sup>28</sup>. Слід однак зауважити, що від самого початку

<sup>24</sup> <https://unhabitat.org/about-us>

<sup>25</sup> <https://unite.un.org/about>

<sup>26</sup> Konashevych, O.: 'GoLand Registry' Case Study: Blockchain/DLT Adoption in Land Administration in Afghanistan. ACM International Conference Proceeding Series. 489–494 (2021). <https://doi.org/10.1145/3463677.3463720>.

<sup>27</sup> Dubai Land Department | Accubits Case Study, [https://accubits.com/case\\_studies/blockchain-land-registry-platform/](https://accubits.com/case_studies/blockchain-land-registry-platform/), last accessed 2023/10/02.

<sup>Dubai</sup> Land Department – Dubai Land Department achieves a technical milestone with the adoption of Blockchain technology in cooperation with Smart Dubai and other partners, <https://dubailand.gov.ae/en/news-media/dubai-land-department-achieves-a-technical-milestone-with-the-adoption-of-blockchain-technology-in-cooperation-with-smart-dubai-and-other-partners/#/>, last accessed 2023/10/02.

<sup>28</sup> Nakamoto, S.: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, last accessed 2016/12/27. <https://doi.org/10.1007/s10838-008-9062-0>.



блокчейн використовувався і як цифрове сховище для збереження довільних даних. Є ряд способів публікації даних в тому ж Біткоїні<sup>29</sup>, які, як правило, зводяться до проведення транзакції із криптовалютою, під час якої частина монет «спалюється», а вставлені користувачькі дані (файли, повідомлення тощо) в транзакцію публікуються в блоці даних разом із самою транзакцією. Смарт контракти в системі Етеріум (Ethereum)<sup>30</sup>, із цієї точки зору є еволюцією ідеї надійного цифрового сховища, де публікуються не просто довільні дані в блокчейні, а програмний код (смарт контракт), який може бути виконаний.

Повертаючись до способів використання блокчейну, при обранні того чи іншого способу має враховуватись завдання, які ставляться перед блокчейном. Наприклад, надійно захистити реєстрові записи – блокчейн може це виконувати (слід звернути увагу на слово «може» – далі буде роз'яснено, чому блокчейн не обов'язково захищає дані) або наприклад, проводити транзакції та надійно зберігати їх послідовність.

Для реєстрів, що оперують правами власності в широкому розумінні, будь-то на земельну ділянку, будівлю чи стадо баранів, найбільш оптимальним буде поєднання обох способів: транзакційний реєстр із записами про права власності із збереженням доданих до них даних. Основним елементом такої системи стає цифровий токен – умовна назва методу запису в базі даних (блокчейн в широкому сенсі – це база даних), за допомогою якого шляхом публікації програми (смарт контракту) створюється запис чи записи, які можуть передаватись між користувачами.

Основним механізмом забезпечення володіння є асиметрична криптографія. Публічний криптографічний ключ використовується для формування користувачької адреси, до якої прив'язується токен, а відповідній користувачький приватний ключ потрібен для того, щоб мати можливість у майбутньому авторизувати транзакцію (передачу) токenu на іншу адресу шляхом цифрового підпису<sup>31</sup>. Комбінуючи транзакційну модель із функцією простого цифрового сховища, можна отримати систему, яка може зберігати токени, та зберігати додаткові відомості про об'єкти, які ці токени символізують. Відомості асоціюються із відповідним токеном, що забезпечується відповідною архітектурою смарт контракту. Така зв'язка методів дозволяє повністю розкрити потенціал блокчейн технології. Токен символізує право, а прив'язані дані описують об'єкт права, тобто відповідають на два головних питання, які вирішує реєстр прав власності: хто володіє (токен прив'язаний до адреси) і чим саме володіє (дані прив'язані до токenu), наприклад, зазначення геокадастрових даних.

Серед способів додавання записів домінує два: публікація самих даних та публікація хешів даних<sup>32</sup>. Публікація даних є тим способом, що справді може за-

<sup>29</sup> Sward, A., Vecna, I., Stonedahl, F.: Data Insertion in Bitcoin's Blockchain. Ledger. 3, 1-23 (2018). <https://doi.org/10.5195/LEDGER.2018.101>.

<sup>30</sup> <https://ethereum.org/>

<sup>31</sup> Nakamoto, S.

<sup>32</sup> Konashevych, O.: Data Insertion in Blockchain For Legal Purposes. How to Sign Contracts Using Blockchain. Electronic modeling – international scientific-theoretical journal. 41, 103-120 (2019). <https://doi.org/10.15407/emodel.41.05.103>.

хистити ці дані, якщо вони опубліковані в блокчейні. Обмеженням такого методу є те, що дані стають публічними, а також обмеженість обсягу даних в транзакції<sup>33</sup>. Натомість якоріння хешу захищає лише хеш. При втраті вихідних даних хеш не може відтворити їх в зворотному порядку. Однак, хеш забезпечує приватність даних. Оптимальним підходом може бути комбінація обох способів: де потрібно справді захистити дані і зробити їх публічними – підходить метод публікації цих даних в блокчейні, а решта – офф-чейн, із публікацією лише хеш суми, що надає можливість перевіряти даних на їх автентичність та якщо потрібно забезпечувати їх приватність.

### Блокчейн захищає дані.

Ні, не обов'язково. Якщо дивитися на блокчейн вузько саме як на ланцюг блоків, то поєднання блоків даних хешами не захищає ці дані всупереч поширеній думці. Завданням хеш суми є не захист даних, а верифікація їх автентичності. Кожний вузол (нода) мережі, обмінюючись оновленнями, перевіряє блоки на цілісність. Хеш допомагає виявити ознаки корупції даних. Слід зауважити, що хеш не дає знання про те, що саме і як зазнало зміни, хеш лише допомагає зрозуміти, що зміни наявні. Конкретну зміну можна виявити лише шляхом співставлення оригіналу та нового блоку даних. Натомість захист даних у блокчейні забезпечується саме масштабом мережі, який можливий завдяки консенсусу. Відкритий конкурентний консенсус (через майнінг, стейкінг тощо) забезпечує децентралізацію, тобто відсутність єдиної точки відмови, і поєднуючи це із масштабом розподіленої мережі, виникає унікальна властивість цієї технології – здатність надійно зберігати дані в ланцюзі блоків. Таким чином, блокчейн – це перш за все мережа, кожна нода якої незалежно утримує копію ланцюгу даних із транзакціями і синхронізується з іншими нодами.

Ніколи в історії людства не було ще настільки надійного сховища даних як блокчейн Біткоїну, першої публічної та на сьогодні все ще наймасштабнішої блокчейн системи. Жодна публічна (саме публічна) електронна система не працювала без збоїв та зупинки 14 років. Уявлення про масштаб проблем публічних централізованих електронних сервісів дає швидкий огляд повідомлень про компрометацію даних чи сутєвих збоїв в роботі таких сервісів Google<sup>34</sup>, Amazon<sup>35</sup>,

<sup>33</sup> Різні блокчейни регулюють це по різному – в Біткоїні технічно обмежений обсяг транзакції, в Етеріумі це регулюються вартістю транзакції.

<sup>34</sup> Gmail Hacked: Google Says New HYPERSCRAPE Attack Can Read All Messages, <https://www.forbes.com/sites/daveywinder/2022/08/23/gmail-hacked-google-says-new-attack-can-read-all-email-messages/?sh=3795c466468a>, last accessed 2023/10/02.

<sup>35</sup> Facebook data breach: Hundreds of millions of records exposed on Amazon server, according to UpGuard cybersecurity research firm – CBS News, <https://www.cbsnews.com/news/millions-facebook-user-records-exposed-amazon-cloud-server/>, last accessed 2023/10/02.

Facebook<sup>36</sup>, Twitter (X)<sup>37</sup>, Visa<sup>38</sup>, Mastercard<sup>39</sup>. По кожній із цих систем за останні 10 років були суттєві інциденти із зломами. Блокчейн Біткоїну, попри всілякі заяви про його вразливості та централізацію залишаються недоказовими спекуляціями.

Заради наукової точності, слід сказати, що на теоретичному рівні існують ризики і способи компрометації блокчейну, які залишаються для мережі Біткоїн практично недосяжними.

### Публічний чи приватний блокчейн?

Блокчейн як назву технології в суворому академічному значенні слід використовувати для технології, що була винайдена Сатоші Накамото (не важливо в чому вона втілена, в Біткоїні, чи в іншій мережі). Також слід називати блокчейном всі публічні розподілені мережі, які працюють за допомогою подібного відкритого конкурентного консенсусу. Саме ці системи можуть забезпечити топ захист даних завдяки своєму масштабу.

Приватний блокчейн, який слід називати технологію розподіленого леджера (Distributed Ledger Technology, далі коротко – DLT), не може забезпечити такий рівень захисту і є вразливою системою порівняно із блокчейн. Нажаль, ці технології часто об'єднуються загальною назвою «блокчейн», що може вводити в оману, так як властивості блокчейну асоціюються із DLT.

Опишемо, що ці системи поєднує і що є відмінним.

Ланцюг блоків – напевне єдина суттєва спільна ознака блокчейну та DLT, що надає не академічним коментаторам об'єднувати їх в єдину технологію, а відтак, наприклад, казати «блокчейн захищає дані». Як ми розібрали вище, хешований ланцюг сам по собі нічого не захищає, але лише надає можливість виявити контрафакцію даних<sup>40</sup>.

Як було сказано вище, саме масштаб мережі забезпечує її надійність та захист даних. Спробуємо проілюструвати проблему, яку систему важче атакувати. Візьме-

<sup>36</sup> A huge database of Facebook users' phone numbers found online | TechCrunch, <https://techcrunch.com/2019/09/04/facebook-phone-numbers-exposed/>, last accessed 2023/10/02.

<sup>37</sup> Elon Musk, Kanye West and Bill Gates Twitter Accounts Hacked By Bitcoin Thief, <https://cointelegraph.com/news/elon-musk-twitter-account-apparently-hacked-by-bitcoin-thief>, last accessed 2023/10/02.

<sup>38</sup> Home Depot's 56 Million Card Breach Bigger Than Target's - WSJ, <https://www.wsj.com/articles/home-depot-breach-bigger-than-targets-1411073571>, last accessed 2023/10/02.

<sup>39</sup> Belgian and German data protection authorities cooperate on Mastercard's data breach | Autorité de protection des données <br> Gegevensbeschermingsautoriteit, <https://www.dataprotectionauthority.be/citizen/belgian-and-german-data-protection-authorities-cooperate-on-mastercards-data-breach>, last accessed 2023/10/02.

<sup>40</sup> Також слід зауважити, що метод створення ланцюгу даних із мітками часу, що поєднуються хеш сумами винайшли два дослідники У. Сторнетта та С. Хабер у 1991 році, про що робить посилання сам Сатоші Накамото в своїй статті. Однак, сам метод ніхто ніколи не називав блокчейн. Блокчейн як назва технології з'являється в переписці Накамото із розробниками Біткоїну, що опублікована на сайті [nakamotoinstitute.org](http://nakamotoinstitute.org)

мо мережу із трьох нод та трьох тисяч нод. Для компрометації приватної мережі із так званим Візантійським консенсусом<sup>41, 42</sup> достатньо – шкідливих нод. Тобто дві ноди із трьох, чи дві тисячі із трьох тисяч у нашому прикладі. В публічній потрібно скомпрометувати більше половини, дві ноди, а у великій мережі це 1501 незалежних нод, кожна із яких має бути вражена<sup>43</sup>.

На відміну від відкритих публічних, приватним системами складніше забезпечити масштаб. Проблема у вартості та складності масштабування (далі про економіку приватної мережі буде сказано окремо). Справа в тому, що в приватній мережі відсутній механізм майнінгу. Безпека приватної мережі забезпечується її закритістю. Проще кажучи, пересічний користувач не може додати свій комп'ютер до такої мережі як ноду. Якщо б це було можливо, то до 3000 нод вільно б додалось ще 6000, і так як ресурсомісткого (дорогого) майнінгу немає, то це може виконати будь-яка мережа ботів, що скомпрометує DLT мережу, та зокрема перепише ланцюг блоків, хоч із самого його початку. Тоді залишається закрити систему і пильнувати за тим, хто туди допускається. Таким чином, отримуємо централизовану систему, в якій є адміністративна влада, компрометація або корупція якої зводить нанівець будь-який масштаб<sup>44</sup>. Адміністратор, або той хто заволодіє такими правами в мережі, може ініціювати зміну історію даних та перебудувати чи видалити блоки.

Повертаючись до унікальної властивості блокчейну, стає зрозумілим, що надійний захист, перш за все, це відсутність можливості у будь-кого, одного чи групи, що контролює, довільно змінювати дані. Це є принциповою відмінністю приватного та публічного блокчейну чи, точніше, розподілених мереж із закритим консенсусом та відкритим конкурентним консенсусом.

Слід сказати, що децентралізація в блокчейні не є константою. Це динамічний процес «боротьби», де деякі шкідливі ноди можуть вільно додаватись до мережі із метою її компрометації, а система завдяки економічній конкуренції (майнінгу) зберігається незмінною.

Повертаючись до питання витрат, уява про те, що приватна система може забезпечити безкоштовні транзакції хибна. Приватна система, через необхідність її адміністрування та утримання фізичної інфраструктури дата центрів не може бути безкоштовною. Відповідальність по її організації, як і витрати, покладаються

<sup>41</sup> Концепція Надмірної візантійської відмовостійкості

<sup>42</sup> Aublin, P. L., Mokhtar, S. Ben, Quema, V.: RBFT: Redundant byzantine fault tolerance. In: Proceedings – International Conference on Distributed Computing Systems. pp. 297–306 (2013). <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2013.53>.

<sup>43</sup> Слід однак зауважити, що контроль 51% майнінгових можливостей не надає насправді глибоко переписати ланцюг даних. Це надає можливість трохи опереджати поточну швидкість роботи інших 49% відсотків, і таким чином скомпрометувати поточні транзакції.

<sup>44</sup> Тобто на відміну від публічної мережі, де масштаб потрібний перш за все для захисту, в приватній закритій мережі збільшення кількості нод потрібно лише для пропускну здатності.

на того, хто її адмініструє. У відкритій системі за інфраструктуру блокчейн, навпаки, ніхто конкретно не відповідає; це самоорганізована система, де кожний учасник самостійно відповідає за своє обладнання. Збільшення транзакцій у приватній системі буде потребувати збільшення обчислюваних можливостей, а це змушує оператора системи інвестувати в додаткові дата центри, або наприклад, запрошувати третіх осіб в партнерську взаємодію, а відтак збільшувати ризики в системі, що веде до необхідності збільшувати бюрократичну функцію, а також забезпечувати якусь модель компенсації партнерам. В публічній системі це вирішується конкуренцією та законом економічного попиту і пропозиції. Якщо комісії за транзакції та ціна на криптовалюту збільшуються, більше майнерів з'являється в мережі, тим масштабніше стає мережа і тим захищеній.

Фактично, приватна система – це просто централізована система, в рамках якої у внутрішньому колі нод може бути забезпечений деякий рівень децентралізації. При цьому для зовнішнього користувача (якщо такий передбачений), така система завжди буде залишатись централізованою. Майнінг в блокчейні із криптовалютою є приводним механізмом, який вирішує всі ці проблеми, створюючи економічний стимул.

Іноді щодо блокчейну заперечують, що звичайні користувачі не займаються майнінгом, вони все одно звертаються до майнерів, щоб опублікувати транзакцію, а відтак система централізована. Це не зовсім так. Принципово відмінним є те, що кожний звичайний користувач може стати майнером у будь-який момент, а тому це і називається «відкритий конкурентний консенсус». Продавцю титулу токєну Алісі та його покупцю Борису, по суті не потрібна третя сторона, будь-хто з них може створити та опублікувати блок<sup>45</sup>. Це фундаментальна основа безпеки відкритої системи. В той час звичайний користувач приватної мережі принципово не допускається до її консенсусу.

### Хто буде нодою в реєстрі нерухомості?

По суті відповідь на це вже надана, але таке часте питання часто ставиться при обговоренні застосування блокчейн технології (насправді, DLT) в реєстрах права власності. По-перше, застосування приватного блокчейну для публічного (державного) реєстру є недоречним, так як незрозуміло якщо не безпекову, то саме яку задачу він буде вирішувати. Якщо приватний блокчейн не має сенсу в задачах державного реєстру, то і питання не релевантне. Правильною відповіддю буде «будь-хто»; в публічній мережі додати ноду може будь-хто.

По-друге, не потрібно створювати окрему мережу «спеціальний блокчейн нерухомості». Надзвичайна складна задача зробити його надійним. Як було роз'яснено вище, для захисту даних мережу потрібно масштабувати, і це не робиться централізованими зусиллями. Натомість доречним є використовувати існуючі мережі,

<sup>45</sup> До речі, в базовому гаманці біткоіну (Core Bitcoin Wallet) – це вирішується натисканням кнопки майнити в налаштуванні гаманця.

що вже досягли достатнього рівню захищеності, довели свою надійність та технологічну досконалість.

Хибність цього питання пов'язана із нерозумінням того, що консенсус нод та реєстр нерухомості — це дві функціонально різні задачі. Консенсус вирішує задачу збереження та захисту даних в блокчейні, а реєстр — застосунок в блокчейні; тобто наявні різні рівні взаємодії. Завдання нод — надати інфраструктуру по типу як дата центри Амазон надають інфраструктуру дата центрів для застосунків.

Так, питання вибору інфраструктури важливе, від цього залежить якість роботи. Однак дата центр не займається виконанням реєстрових функцій; цим займається розгорнуте програмне забезпечення на такій інфраструктурі. Ноди займається підтримкою інфраструктури, збереженням та цілісністю даних, а оператор застосунку (програмного забезпечення реєстру) займається реєстровими функціями та підтримує цей застосунок.

Підсумовуючи, реєстр у своїй основі — це смарт контракт (чи скоріше набір смарт контрактів) на блокчейні, що виконує реєстрові завдання. А того, кого називають нодою в цьому питанні, насправді оператор реєстру, тобто відповідальний орган.

### Так блокчейн — реєстр централізований чи децентралізований?

Виконання державної функції не можливо повністю без деяких центральних функцій, але продовжуючи думку про різні рівні та завдання, які виконують реєстр, можна надати таку відповідь.

Функція записів транзакцій та збереження даних — децентралізована, тому що спирається на інфраструктуру блокчейну. А от на рівні застосунку — це функції третьої особи по відношенню до користувача, що потрібно виконувати органу публічної влади. Їх три: функція валідації права; функція переходу права власності; оновлення застосунку та смарт контракту.

**1. Функція валідації права.** Створений токен має токен представляти саме право власності, і це має виходити не із декларації власника, а з владних повноважень уповноваженого органу чи особи, якій це право делеговано. Тобто власник Аліса не може просто заявити, що цей токен є записом про її право, хто зна скільки вона таких створила та продала. Токен може бути створений представником влади і потім переданий власнику, символізуючи його право, або створений самим власником, але далі засвідчений відповідним офіційним записом в блокчейні. Будь-хто, побачивши публічний запис, що виходить від державного органу, вважатиме його дійсним.

**2. Функція переходу права власності без безпосередньої участі чи волі власника,** у випадках передбачених законом (наприклад, передача спадщини) чи за рішенням суду (наприклад, вирішення спору про право), та в інших випадках (наприклад, відновлення доступу, в разі втрати власником приватного ключа). В цих випадках не можливо обійтись без участі третьої особи, принаймні на цьому етапі

розвитку науки та права. Для рядових завдань реєстрації самої транзакції реєстратор не обов'язковий. В умоглядному прикладі продавцю Алісі та покупцю Борису не потрібно звертатись до реєстратора для реєстрації переходу права власності на земельну ділянку. Тому транзакція із передачею токenu і є її реєстрацію, якщо при цьому всі інші аспекти такої реєстрації автоматизовані і оцифровані: перевірка особи (наприклад, за допомогою кваліфікованого цифрового підпису), перевірка дієздатності (крім перевірки в державній базі даних тощо).

**3. Оновлення застосунку та смарт контракту.** Можливість оновлювати смарт контракти є стандартизованим протоколом<sup>46</sup>. Відповідальний орган має оновлювати програмне забезпечення по мірі зміни регулювання, додавання нового функціоналу тощо.

**Блокчейн не підходить для юридичних завдань тому, що в ньому не можна змінювати дані.**

Це ще одне хибне уявлення про застосування блокчейну. Так, в захищеному блокчейні не можливо змінити дані, але в звичайних реєстрах та юридичних задачах дані також не змінюються заднім числом. Якщо обставини договору, що ще не виконаний, змінились і сторони потребують його зміни, вони не замінюють сторінку, чи підтирають запис, вони укладають додатковий договір. Якщо в реєстрі потрібно відобразити зміни, то робиться наступний запис. Так само організований додаток (смарт контракт) на блокчейні. При чому блокчейн у цьому сенсі має перевагу, так як незмінність даних та послідовності блоків забезпечує хронологічність, коли лише останній запис має вважатись актуальним і таким, що має юридичну силу (валідним) та відображає поточний стан справ.

Вирішення проблеми помилкового запису чи запису, що опублікований в блокчейні в результаті протиправного діяння (наприклад, протиправне заволодіння токеном) зводиться до аналогічних рішень паперового чи електронного діловодства – створюється хронологічно новий запис. Завдання блокчейну бути надійним сховищем, що незмінно зберігає записи, що є свідченнями того, що відбувається в реальному світі. Викрадення приватного ключа чи незаконна транзакція не можуть бути відмінені, стерті як історичний факт. Це відбулось, і блокчейн надійно зберіг цей факт. Завдання правильного спроектованого реєстру як електронної програми – забезпечити можливість відповідального органу відновити втрачені права та доступи шляхом додавання нових записів та інвалідації помилкових та протиправних записів. При чому інвалідація може відбуватись шляхом публікації запису з уповноваженої адреси, яка об'явить про недійсність певної транзакції<sup>47</sup>.

Причиною нерозуміння цього є змішування різних рівнів взаємодії навколо технології блокчейн. Так, транзакція із криптовалютою є невідворотною. Якщо

<sup>46</sup> <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-1822>

<sup>47</sup> Звісно, що процедура та технологія має бути більш вдосконаленою, ніж просто публікація повідомлення в блокчейні. В даному випадку це умоглядний спрощений приклад.

монета вкрадена, її неможливо повернути ніяким рішенням суду, це технічно неможливо. Але це рівень криптовалюти і ця архітектура незмінна. А от застосунок (смарт контракт), що розробляється, може і повинен мати можливість змінюватись, але не задіним числом, а через хронологічно послідовні транзакції.

### **А якщо блокчейн все ж таки буде скомпрометований?**

Виключати таку можливість не слід. Зріла система має спиратись на бекапи. Однонаправлена синхронізація в сторону бекапу забезпечить збереження даних при глибокій перебудові блоків у разі атаки 51% чи хардфорку. Крім того, доречно в тому чи іншому вигляді використовувати методіку чекпоінтів<sup>48</sup>, при якій окреме збереження хеш сум блоків, дозволяє в реальному часі виявити глибоку перебудову блоків, чи сибіл (sybil) атаку (оточення шкідливими нодами). Такий метод ефективно застосовувався мережею Біткоїн в перші роки її роботи, коли масштаб мережі та складність майнінгу ще була не велика, а ризик атак та збоїв був великий. Окрім бекапів та чекпоінтів існують інші способи знизити ризики втрати та корупції даних. Саме комплекс мір по збереженню даних та виявленню ризиків може ефективно захистити дані в ситуації судного дня (Doom-day), і це має бути завдання влади, в той час як ринок забезпечує базову інфраструктуру публічних блокчейнів.

### **Чому завжди питають про вибір одного блокчейну?**

Серед таких додаткових мір є використання більше одного блокчейну. Не має жодних причин не дозволяти використовувати кілька блокчейнів у зв'язці. Атака на всю сукупність даних, що зберігаються в декількох блокчейнах, буде надзвичайно складною задачею, а компрометація одного блокчейну може означати втрату лише частини даних.

Крім того, є ще причини розглядати концепцію мультичейну. Блокчейни – це екосистеми технологій, що активно розвиваються. Обрання кількох блокчейнів, на відміну від виключно одного, буде стимулювати конкуренцію технологій. Користувачі зможуть вільно обирати технологію, яка їм більше підходить – це дієвий механізм вільного ринку та конкуренції. Ця концепція заслуговує окремого обговорення. На науковому рівні, вони була представлена в статті «Крос-блокчейн-протокол для публічних реєстрів»<sup>49</sup>.

Цікавим є те що протокол дозволяє зробити зв'язку блокчейнів, де користувач може обрати один блокчейн для створення токена, а реєстратор – інший для валідації такого токена, при чому всі користувачі можуть вільно переносити свої активи від одного блокчейну до іншого. Таку систему не слід вважати порушенням

<sup>48</sup> <https://youtu.be/mu6D2H3PhJs?si=AKgmwJoi8MLJ3d5g>, <https://bitcoin.stackexchange.com/questions/1797/what-are-checkpoints>

<sup>49</sup> Konashevych, O.: Cross-blockchain protocol for public registries. International Journal of Web Information Systems. 16, 571–610 (2020). <https://doi.org/10.1108/IJWIS-07-2020-0045>.



концепції єдиного реєстру. Реєстр є єдиним завдяки технічному протоколу, а блокчейни слід розглядати подібно до технології RAID<sup>50</sup> масиву цифрових сховищ. Такий протокол також можна зв'язати з існуючим реєстром нерухомості, забезпечивши таким чином перехід користувачів із старої системи до нової. Чи буде це зроблено одночасно актом держави, чи поступово, коли громадяни вільно обирають чи залишитись в старому реєстрі, чи перейти на блокчейн – це не принципово. В світі є приклади країн, які не мали реєстру – Бермуди вирішили створити реєстр у 2017, або мали два реєстри паралельно як Австралія, яка майже 150 років із 1858 зберігала обидві системи – стару англійську, та так званий реєстр Торренсу, схожий на типові європейські реєстри землі. Перехід до реєстру Торренсу проходив повільно по мірі вільного переходу власниками, допоки влада не прийняла остаточне рішення про примусове переведення записів, що залишились, у нову систему у 1999 році<sup>51</sup>.

## VI. Висновки

Навколо блокчейн технологій існує багато міфів та хибних уявлень. В цій статті ми розібрались, що приватний блокчейн, за великим рахунком, не є блокчейном. Та й взагалі всілякий ланцюг блоків не обов'язково є блокчейном, але будь-який блокчейн спирається на метод поєднання хешами блоків даних у ланцюг, що був винайдений у 1991 році. Якщо полишити спір про правильну термінологію, що називається блокчейном, головним залишається питання про те, чи може цей ланцюг захистити дані. Виявляється, що надійність приватного блокчейну покладається на його адміністратора, що робить цю технологію централізованою із усіма притаманними вадами такої технології і важко знайти аргументи до її застосування як альтернативу вже існуючому централізованому реєстру. Публічний блокчейн, чи як правильно казати, блокчейн із відкритим конкурентним консенсусом, може забезпечити незмінність та надійний захист даних, але за умови великого масштабу розподіленої мережі.

При обранні блокчейну чи кілька блокчейнів у зв'язці, постає питання – як саме застосувати цю технологію для державних реєстрів та правочинів із нерухомістю. Потенціал технології повністю розкривається, коли відбувається токенизація прав разом із можливістю зберігати реєстрові дані он-чейн та якорити менш критичні дані офф-чейн.

Цифровий токен, по суті є записом в базі даних (блокчейн в решті – це база даних) про право власності, тобто титул. Таким чином, такий токен доречно назвати титул токеном. На відміну від звичайних баз даних, де користувач опосередковано володіє ними, блокчейн має вбудований механізм реалізації права власнос-

<sup>50</sup> Це основна технологія серверних систем, де окремі фізичні диски об'єднуються єдине безшовне цифровий простір.

<sup>51</sup> PART 1-HISTORY & BACKGROUND 1.1 What is General Law land? Systems Of Ownership And Registration.

ті через криптографічні приватні та публічні ключі. Власник може напряму розподілитись своїм титул токеном, підписав транзакцію своїм приватним ключем і відправити її в мережу в блокчейн. Якщо автоматизувати ідентифікацію особи, а також забезпечити перевірки через державні бази даних та алгоритми, що перевіряють транзакцію на відповідність вимог закону, то така транзакція не потребує людини-реєстратора та подальшої її реєстрації в будь-якій іншій базі даних. Блокчейн і є реєстром й одночасно цифровим середовищем для вчинення правочинів через застосування технології смарт контрактів.

Перелік причин, навіщо потрібний блокчейн у реєстрі нерухомості, починається із безпекового питання. Однак це лише фундамент, на якому можна побудувати все те, що надає технологія блокчейн і чим не може оперувати стара система — токенизація та смарт контракти. Як показано в статті, застосувати блокчейн і при цьому не змінювати систему не вийде. Стара система та блокчейн базуються на різних принципах. Стара система задля захисту даних має відсторонити звичайного користувача від безпосередньої взаємодії із своїми записами в базі даних. Між записом в реєстрі та власником завжди має стояти реєстратор, адже немає такої серверної системи, що може бути відкритою та витримати натиск агресивного середовища Всесвітньої мережі (World Wide Web). А ризик втрати бази даних настільки є неспіврозмірний із перевагами розумних контрактів, автоматизації і цифрових онлайн правочинів, що за цю вправу по-справжньому не взявся жодний реєстровий орган в світі.

Блокчейн вирішує проблему безпеки, і вперше реєстр може стати відкритою системою, де користувачі вільно взаємодіють один із одним, укладають правочини без посередників, в самому широкому сенсі, де держава в тому числі є посередником. Тим не менш, як ми побачили, романтичні ідеї крипто-ентузіастів про повну децентралізацію залишаються недосяжними, так як роль держави в організації державного регулювання реєстрових систем не може бути замінена ніякими технологіями. Блокчейн в даному випадку, може скоротити обсяг завдань, які покладаються на державного реєстратора, зробити його роботу прозорою та ефективною.

## REFERENCES

### Bibliography

1. Journal articles
2. Konashevych, O.: General Concept of Real Estate Tokenization on Blockchain. *European Property Law Journal*. 9, 1–45 (2020). <https://doi.org/10.1515/EPLJ-2020-0003>.
3. Konashevych, O.: Cross-blockchain protocol for public registries. *International Journal of Web Information Systems*. 16, 571–610 (2020). <https://doi.org/10.1108/IJWIS-07-2020-0045>.

4. Manoj, A., Yadav, J., Mui, M.: A Secure Based Land Registry Decentralized Framework Using Blockchain On Cloud. *International Journal of Computer and Organization Trends*. 11, (2021). <https://doi.org/10.14445/22492593/IJCOT-V11I3P302>.
5. Moazzam, M., Gupta, S., Waseem, S.: Land Registration Using Blockchain Technology. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research – JETIR*. 8, (2021).
6. Soner, S., Litoriya, R., Pandey, P.: Exploring Blockchain and Smart Contract Technology for Reliable and Secure Land Registration and Record Management. *Wirel Pers Commun*. 121, 2495–2509 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08833-1>.
7. Siddhant Chatterjee Ayesha Shaikh Anjali Singh Pravin Jangid: Land Registry System Using Blockchain. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 9, (2022).
8. Shuaib, M., Alam, S., Ahmed, R., Qamar, S., Nasir, M. S., Alam, M. S.: Current Status, Requirements, and Challenges of Blockchain Application in Land Registry. *International Journal of Information Retrieval Research (IJIRR)*. 12, (2022). <https://doi.org/10.4018/IJIRR.299934>.
9. Lagad, V., Parandkar, S., Raut, M., Sarade, A., Shilpa Pimpalkar, M.: Securing Land Registration Using Blockchain. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*. 11, (2022). <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2022.1107040>.
10. Athawale, S. V: Modern Land Registration and Transactions using Blockchain. *International Journal of Mechanical Engineering*. 7, 974–5823 (2022).
11. V, R. K. K., A, R. G., Kumar, V. N.: Blockchain and Smart Contract for Land Registration using Ethereum Network. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 10, (2022). <https://doi.org/10.17577/IJERTCONV10IS08005>.
12. Banerjee, S., Kumar, K., Masulkar, P., Amin, R., Dwivedi, S. K.: Blockchain and IPFS-based reliable land registry system. *Security and Privacy*. 5, e236 (2022). <https://doi.org/10.1002/SPY2.236>.
13. Umrao, L. S., Patel, S. C., Kumar, S.: Blockchain-Based Reliable Framework for Land Registration Information System. <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJTD.300743>. 13, 1–16 (2022). <https://doi.org/10.4018/IJTD.300743>.
14. Janbandhu, S., Saindane, D., Jadhav, R., Gawale, P., Waykar, S.: Land Registration & Transfer of Entitlement using Blockchain. *Int J Res Appl Sci Eng Technol*. 11, 2044–2050 (2023). <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2023.49885>.
15. Tarakesham, G, Raghu, K, Reddy, R, Reddy, D. S, Subba, M, Billakurty, R.: Land Registration Platform. *International Journal of Research Publication and Reviews Journal homepage: www.ijrpr.com*. 4, 3257–3263 (2023).
16. Faiz, M., Wagh, S. K., Shahapure, R., Deb, S., Kamble, P.: Land Registration System Using Blockchain. *International Journal of Creative Research Thoughts – IJCRT*. 11, 2320–2882 (2023).

17. Subedha, V., Vivek, B., Sai, C. N. V., Vadana, A. S., Dhanwanth, B.: A Novel Strategy for Streamlining Land Registration using Ethereum Blockchain. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 11, 104–111 (2023).
18. Sahnı, U., Garg, S., Srivastava, T., Sharma, T., Malsa, N., Ghosh, A., Shaw, R. N., Gupta, V.: Framework for Land Registry System Using Ethereum Blockchain. *Communications in Computer and Information Science*. 1749 CCIS, 431–440 (2023). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0\\_39/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25088-0_39/COVER).
19. Shuaib, M., Daud, S. M., Alam, S., Khan, W. Z.: Blockchain-based framework for secure and reliable land registry system. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. 18, 2560–2571 (2020). <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V18I5.15787>.
20. Shuaib, M., Hassan, N. H., Usman, S., Alam, S., Bhatia, S., Mashat, A., Kumar, A., Kumar, M.: Self-Sovereign Identity Solution for Blockchain-Based Land Registry System: A Comparison. *Mobile information systems*. 2022, 1–17 (2022). <https://doi.org/10.1155/2022/8930472>.
21. Christine, H., Novelianto, K. T., Restiawati, M., Jayanti, H. Y., Afriyadi, A.: A Study of Permissioned Blockchain-Based Framework for Land Ownership Tracking in Indonesia. *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 17, 119–126 (2022). <https://doi.org/10.35969/interkom.v17i3.258>.
22. Mendi, A. F., Demir, L., Sakal, K. K., Zabuk, A.: A new approach to land registry system in Turkey: Blockchain-based system proposal. *Photogramm Eng Remote Sensing*. 86, 701–709 (2020). <https://doi.org/10.14358/PERS.86.11.701>.
23. Garcia-Teruel, R. M.: Legal challenges and opportunities of blockchain technology in the real estate sector. *Journal of property, planning and environmental law*. 12, 129–145 (2020). <https://doi.org/10.1108/JPEL-07-2019-0039>.
24. Bennett, R., Miller, T., Pickering, M., Kara, A.-K.: Hybrid approaches for smart contracts in land administration: Lessons from three blockchain proofs of concept. *Land (Basel)*. 10, 1–23 (2021). <https://doi.org/10.3390/land10020220>.
25. Ameyaw, P. D., de Vries, W. T.: Toward smart land management: Land acquisition and the associated challenges in Ghana. a look into a blockchain digital land registry for prospects. *Land (Basel)*. 10, 1–22 (2021). <https://doi.org/10.3390/land10030239>.
26. Stefanovic, M., Przulj, D., Ristic, S., Stefanovic, D., Nikolic, D.: Smart Contract Application for Managing Land Administration System Transactions. *IEEE Access*. 10, 39154–39176 (2022). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164444>.
27. Racetin, I., Kili, Pamukovi, J., Zrinjski, M., Peko, M.: Blockchain-Based Land Management for Sustainable Development. *Sustainability (Basel, Switzerland)*. 14, 10649 (2022). <https://doi.org/10.3390/su141710649>.
28. Shang, Q., Price, A.: A Blockchain-Based Land Titling Project in the Republic of Georgia: Rebuilding Public Trust and Lessons for Future Pilot Projects.

- Innovations: Technology, Governance, Globalization. 12, 72–78 (2019). [https://doi.org/10.1162/inov\\_a\\_00276](https://doi.org/10.1162/inov_a_00276).
29. Konashevych, O., Poblet, M.: Blockchain anchoring of public registries: Options and challenges. In: ACM International Conference Proceeding Series. pp. 317–323. Association for Computing Machinery, Melbourne, Australia (2019). <https://doi.org/10.1145/3326365.3326406>.
30. Lazuashvili, N., Norta, A., Draheim, D.: Integration of Blockchain Technology into a Land Registration System for Immutable Traceability: A Casestudy of Georgia. Lecture Notes in Business Information Processing. 361, 219–233 (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4\\_15/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_15/COVER).

#### Conference papers

31. Nandi, M., Bhattacharjee, R. K., Jha, A., Barbhuiya, F. A.: A secured land registration framework on Blockchain. In: ISEA-ISAP 2020 – Proceedings of the 3rd ISEA International Conference on Security and Privacy 2020. pp. 130–138. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (2020). <https://doi.org/10.1109/ISEA-ISAP49340.2020.235011>.
32. Sahai, A., Pandey, R.: Smart contract definition for land registry in blockchain. Proceedings – 2020 IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2020. 230–235 (2020). <https://doi.org/10.1109/CSNT48778.2020.9115752>.
33. Sharma, R., Galphat, Y., Kithani, E., Tanwani, J., Mangnani, B., Achhra, N.: Digital Land Registry System Using Blockchain. In: Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST2021). Elsevier BV (2021). <https://doi.org/10.2139/SSRN.3866088>.
34. Konashevych, O.: 'GoLand Registry' Case Study: Blockchain/DLT Adoption in Land Administration in Afghanistan. ACM International Conference Proceeding Series. 489–494 (2021). <https://doi.org/10.1145/3463677.3463720>.
35. Aublin, P. L., Mokhtar, S. Ben, Quema, V.: RBFT: Redundant byzantine fault tolerance. In: Proceedings – International Conference on Distributed Computing Systems. pp. 297–306 (2013). <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2013.53>.

#### Websites

36. The Land Registry in the blockchain – testbed. By Lantmäteriet, Landshypotek Bank, SBAB, Telia company, ChromaWay and Kairos Future. (2017).
37. Blockchain Case Study | HMLR: Real Estate Tokenization in the UK | Consensys, <https://consensys.net/blockchain-use-cases/finance/hmlr/>, last accessed 2023/10/02.
38. Dubai Land Department – Dubai Land Department achieves a technical milestone with the adoption of Blockchain technology in cooperation with Smart Dubai and other partners, <https://dubailand.gov.ae/en/news-media/dubai-land-department->

- achieves-a-technical-milestone-with-the-adoption-of-blockchain-technology-in-cooperation-with-smart-dubai-and-other-partners/#/, last accessed 2023/10/02.
39. Nakamoto, S.: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, last accessed 2016/12/27. <https://doi.org/10.1007/s10838-008-9062-0>.
  40. Sward, A., Vecna, I., Stonedahl, F.: Data Insertion in Bitcoin's Blockchain. Ledger. 3, 1–23 (2018). <https://doi.org/10.5195/LEDGER.2018.101>.
  41. Konashevych, O.: Data Insertion in Blockchain For Legal Purposes. How to Sign Contracts Using Blockchain. Electronic modeling – international scientific-theoretical journal. 41, 103–120 (2019). <https://doi.org/10.15407/emodel.41.05.103>.
  42. Gmail Hacked: Google Says New HYPERSCRAPE Attack Can Read All Messages, <https://www.forbes.com/sites/daveywinder/2022/08/23/gmail-hacked-google-says-new-attack-can-read-all-email-messages/?sh=3795c466468a>, last accessed 2023/10/02.
  43. Facebook data breach: Hundreds of millions of records exposed on Amazon server, according to UpGuard cybersecurity research firm – CBS News, <https://www.cbsnews.com/news/millions-facebook-user-records-exposed-amazon-cloud-server/>, last accessed 2023/10/02.
  44. A huge database of Facebook users' phone numbers found online | TechCrunch, <https://techcrunch.com/2019/09/04/facebook-phone-numbers-exposed/>, last accessed 2023/10/02.
  45. Elon Musk, Kanye West and Bill Gates Twitter Accounts Hacked By Bitcoin Thief, <https://cointelegraph.com/news/elon-musk-twitter-account-apparently-hacked-by-bitcoin-thief>, last accessed 2023/10/02.
  46. Home Depot's 56 Million Card Breach Bigger Than Target's – WSJ, <https://www.wsj.com/articles/home-depot-breach-bigger-than-targets-1411073571>, last accessed 2023/10/02.
  47. Belgian and German data protection authorities cooperate on Mastercard's data breach | Autoritit de protection des donnies Gegevensbeschermingsautorite it, <https://www.dataprotectionauthority.be/citizen/belgian-and-german-data-protection-authorities-cooperate-on-mastercards-data-breach>, last accessed 2023/10/02.
  48. PART 1-HISTORY & BACKGROUND 1.1 What is General Law land?
  49. Systems Of Ownership And Registration.

## Blog

50. HM Land Registry to explore the benefits of blockchain – GOV.UK, <https://www.gov.uk/government/news/hm-land-registry-to-explore-the-benefits-of-blockchain>, last accessed 2023/10/02.
51. From smart contracts to blockchain: year two of our research – HM Land Registry, <https://hmlandregistry.blog.gov.uk/2018/10/16/from-smart-contracts-to-blockchain-year-two-of-our-research/>, last accessed 2023/10/02.

52. Dubai Land Department | Accubits Case Study, [https://accubits.com/case\\_studies/blockchain-land-registry-platform/](https://accubits.com/case_studies/blockchain-land-registry-platform/), last accessed 2023/10/02.

*Oleksii Konashevych*  
*PhD in Law Science and Technology*  
*Joint International Doctoral (Ph.D.) Degree in Law, Science and Technology (LAST-JD Program) coordinated by the University of Bologna*  
*<https://oleksii.konashevych.com/about>*  
*Sydney, Australia*

**Konashevych Oleksii. Misconceptions about the use of blockchain technologies in state real estate registries**

**Abstracts**

Blockchain technology has been much discussed in the world in the context of its application in property registries – land and other real estate. This article analyzes several attempts in different countries to apply this technology (in Sweden, Georgia, and the United Kingdom) and explains why these projects failed or were not further developed. The main section of the article offers an even broader view of typical misconceptions about the properties of blockchain technology and analyzes the concepts of its application, and in particular, discusses the idea of a new generation of title token and real estate registry based on blockchain networks.

**Keywords:** blockchain technology, smart contracts, title token, real estate, real estate registry, realization of property rights