

часових рядах. Завдяки навчанню на великій кількості прикладів система успішно відділяє корисний сигнал навіть при низькому SNR.

Поєднання адаптивних фільтрів і нейромереж створює гібридну систему, яка швидко реагує на зміни середовища й розпізнає складні нелінійні закономірності. Це дозволяє знизити шум на 20–40%, підвищити стабільність передачі та стійкість до перешкод.

Технологія перспективна для радіолокації, 5G/6G, бездротових систем і зв'язку БПЛА. У майбутньому можливе впровадження трансформерів для підвищення точності обробки сигналів у складних умовах.

Таке поєднання адаптивних фільтрів і глибинного навчання є ефективним інструментом виділення корисних сигналів у шумових радіоканалах.

### Література

1. Haykin S. Adaptive Filter Theory. — 5th ed. — New Jersey: Prentice Hall, 2013. — 1062 p.
2. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. — Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985. — 491 p.
3. O'Shea T. J., Hoydis J. An Introduction to Deep Learning for the Physical Layer // *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*. — 2017. — Vol. 3, No. 4. — P. 563–575. — DOI: 10.1109/TCCN.2017.2758370.
4. Vincent P., Laroche H., Bengio Y., Manzagol P. Extracting and Composing Robust Features with Denoising Autoencoders // *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning (ICML)*. — 2008. — P. 1096–1103.
5. Gregor K., LeCun Y. Learning Fast Approximations of Sparse Coding // *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML)*. — 2010. — P. 399–406.
6. Qin Z., Ye H., Li G. Y., Juang B.-H. Deep Learning in Physical Layer Communications // *IEEE Wireless Communications*. — 2019. — Vol. 26, No. 2. — P. 93–99. — DOI: 10.1109/MWC.2019.1800150.
7. Monga V., Li Y., Eldar Y. C. Algorithm Unrolling: Interpretable, Efficient Deep Learning // *Proceedings of the IEEE*. — 2021. — Vol. 109, No. 10. — P. 1565–1589. — DOI: 10.1109/JPROC.2021.3098956.
8. Soltani M., Pourahmadi V., Mirzaei A., Sheikhi A. Deep Learning-Based Channel Estimation: A Survey // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2022. — Vol. 24, No. 3. — P. 1786–1810. — DOI: 10.1109/COMST.2022.3173668.

УДК 004.653

**Я.М. Чорний, студент гр. СТМ-61**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### ПРИНЦИПИ РОБОТИ АЛГОРИТМУ PROOF OF RANK

**Ya. M. Chorny**

### PRINCIPLES OF PROOF OF RANK ALGORITHM

Блокчейн спровокував зміни у фінансових та банківських сферах – додалися нові системи платежів, у логістиці та, в тому числі медицині, завдяки Блокчейну покращилася прозорість та надійність даних. Для досягнення консенсусу у Блокчейн-мережах використовуються різні алгоритми. В роботі досліджується алгоритм

консенсусу, який пропонує унікальну перевагу та можливість для оптимізації блокчейн-мереж. Даному механізму надано назву «Доказ рангу» (Proof of Rank, далі PoR). Цей алгоритм націлений на обробку значно більшої кількості транзакцій на секунду, порівняно з іншими існуючими механізмами

В алгоритмі PoR блоки згруповані в слоти, що становлять множини груп. На кожному етапі або раунді генератори блоків вибираються на початку. Блокчейн PoR підтримує певну кількість валідаторів, які мають право генерувати блоки (вони називаються найвищими валідаторами). Кожному валідатору, що має найвищий ранг, призначається один блоковий слот, в якому блоки формуються. Тривалість раунду визначається кількістю діючих валідаторів, що беруть участь у блокчейні. Генератори блоків мають право формувати блоки, незалежно від частки у відповідному блокчейні та власників облікових записів, що делегують їм частину своєї частки [1].

Алгоритм PoR не вимагає виконання складних завдань для підтримки зв'язку між вузлами, відповідно валідаторам не потрібне особливе обладнання для підтримки мережі. Модель PoR обмежується певною кількістю валідаторів блоків, що сприяє масштабованості системи. Перевірка блоків та транзакцій заздалегідь здійснюється затвердженими вузлами, які виступають у ролі модераторів системи (якісні, середні та нижчі ранги). Перевірка та підтвердження блоків проводиться вищим рангом. Цей механізм забезпечує конфіденційність за рахунок використання переваг блокчейн/

Наповнення валідаторів, що діють, може бути змінено. У механізмі є можливість додавання нових учасників та видалення існуючих. Будь-які зміни у механізмі вимагають схвалення з боку підгрупи діючих валідаторів шляхом їхнього підпису. Для завершення процесу затвердження сума ваги цих валідаторів має перевищувати або бути рівною порогу остаточності.

Модуль, який застосовується в блокчейнах PoR, включає наступні операції, які полегшують процес оновлення прав:

- вузол, який прагне стати валідатором, спочатку має надіслати транзакцію реєстрації в ноди (команда реєстрації повноважень);
- транзакція оновлення повинна включати загальний мультипідпис, в який внесли свій внесок досить активних валідаторів, щоб сума їх ваг BFT перевищувала поріг остаточності (Команда Оновлення Рангу – Update Rank).

Система з високим ступенем BFT здатна підтримувати цілісність та працездатність, навіть якщо до 1/3 вузлів у мережі діють аномально.

Для створення моделі достатньо використовувати механізм консенсусу, заснований на доказі рангу, де ранг вузла формується на основі його впливу та відповідності іншим вузлам у мережі. У запропонованому алгоритмі новий блок створюється вузлом з вищим рангом, після чого він перевіряється та підтверджується іншими вузлами (якісними, середніми, нижчими). Концепція роботи механізму консенсусу представлена на рис. 1.

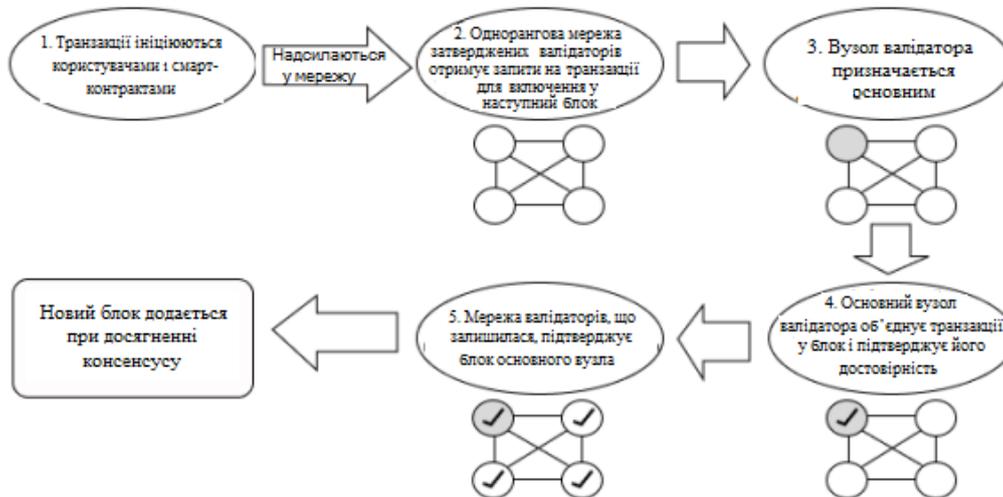


Рисунок 1 – Діаграма концепції консенсусу PoR

Алгоритм консенсусу PoR є механізмом, заснованим на ранжируванні учасників у мережі за їх статусом та призначенням певних ролей у процесі підтвердження блоків. Докладніший механізм роботи є таким [1]:

- ранжування учасників. Учасники мережі ранжуються на чотири рівні: вищий ранг, якісний ранг, середній ранг та нижчий ранг, залежно від їхнього статусу та рейтингу в мережі;
- вибір підтверджуючого. З появою нового блоку якісні та середні валідатори з-поміж учасників вищого рангу проводять голосування для вибору одного з них, хто здійснюватиме підтвердження блоку;
- перевірка та підтвердження. Вибраний валідатор перевіряє та підтверджує блок, не фіналізуючи його, але лише засвідчуючи його коректність та достовірність;
- перевірка іншими рангами. Учасники з рангами якісного, середнього та низького рівнів починають перевірку підтвердженого блоку та виносять вердикт про його коректність;
- результати голосування. Залежно від результатів голосування учасники отримують певну кількість очок, які впливають на їхній рейтинг у мережі. При правильному підтвердженні блоку учасники отримують додаткові очки, а у разі помилкового підтвердження їхній рейтинг знижується;
- фіналізація блоку. При позитивному результаті перевірки блок фіналізується, якщо виявляються помилки, відбувається повторна перевірка і перепідтвердження;
- розподіл комісійних. Грошова комісія за проведення транзакцій у мережі розподіляється між усіма учасниками, причому основна частина комісії дістається учасникам з вищим рангом, а частина, що залишилася, розподіляється між рештою залежно від їх рангу.

### Література

1. Proof of History, Proof of Stake, Proof of Work - Explained URL: <https://www.helius.dev/blog/proof-of-history-proof-of-stake-proof-of-work-explained> (дата звертання: 24.11.2025)