Применение нейровесовых полей для семантического представления и генерации NFT-активов

Белоусов Р.С., *ORCID: 0009-0009-7262-633X*
roma.belyy.5550955@mail.ru

Независимый исследователь,
Российская Федерация, г. Москва.

Аннотация. В данной статье исследуется применение нейровесовых полей (Neural Weight Fields, NWF) — инновационной парадигмы хранения и обработки информации — в области невзаимозаменяемых токенов (NFT). NWF позволяют представлять цифровые активы не как статические бинарные данные, а как динамические семантические модели, оптимизированные через байесовский вывод. Это обеспечивает повышенную семантическую целостность, робастность и возможность интеллектуальных операций над NFT, таких как интерполяция стилей и генерация новых активов на основе семантических запросов. Статья включает теоретическое обоснование, архитектуру системы и практические кейсы, демонстрирующие преимущества подхода.

Ключевые слова: нейровесовые поля; NFT; байесовский вывод; семантическое сжатие; генеративные модели; блокчейн; компьютерное зрение.

Для цитирования: Белоусов Р.С. Применение нейровесовых полей для семантического представления и генерации NFT-активов.

Благодарности: Автор выражает благодарность коллегам за плодотворные обсуждения и ценные замечания.

Application of Neural Weight Fields for Semantic Representation and Generation of NFT Assets

R.S. Belousov, *ORCID: 0009-0009-7262-633X*
roma.belyy.5550955@mail.ru

Independent researcher,
Moscow, Russian Federation.

Abstract. This article explores the application of Neural Weight Fields (NWF) — an innovative paradigm for information storage and processing — in the field of non-fungible tokens (NFTs). NWF enable the representation of digital assets not as static binary data but as dynamic semantic models optimized through Bayesian inference. This ensures enhanced semantic integrity, robustness, and the capability for intelligent operations on NFTs, such as style interpolation and generation of new assets based on semantic queries. The article includes theoretical foundations, system architecture, and practical cases demonstrating the advantages of this approach.

Keywords: neural weight fields; NFT; Bayesian inference; semantic compression; generative models; blockchain; computer vision.

For citation: Belousov R.S. Application of Neural Weight Fields for Semantic Representation and Generation of NFT Assets.

Acknowledgements. The author thanks colleagues for fruitful discussions and valuable comments.

1. Введение

NFT revolutionized цифровое искусство и коллекционирование, обеспечивая уникальность и проверку владения на блокчейне [1]. Однако современные NFT имеют фундаментальные ограничения, связанные с архитектурой фон Неймана: данные лишены внутренней семантики и контекста, что приводит к проблемам интероперабельности и эффективности поиска.

Технология **нейровесовых полей (NWF)** [2] преодолевает эти ограничения, представляя данные как параметры нейросетей, обученные через байесовский вывод. Элементарной единицей хранения становится не бит, а компактное нейровесовое поле — параметры θ модели, являющиеся оптимальным байесовским объяснением наблюдаемых данных D .

2. Теоретический фундамент

2.1 Аксиоматика NWF

Формализм NWF основывается на следующих аксиомах [2]:

A1. Аксиома Данных-как-Модели: Любой объект данных $D \in X$ является манифестацией латентного семантического ядра $z \in Z$.

A2. Аксиома Байесовского Кодирования:
 $\theta = \operatorname{argmax}_\theta P(\theta|D,H) = \operatorname{argmax}_\theta [P(D|\theta,H) \times P(\theta|H)]$

A3. Аксиома Семантического Потенциала:
 $\varphi_i(r) = K(\|r - z_i\|_\Sigma)$

A4. Аксиома Суперпозиции:
 $\Phi(r) = \sum_i \varphi_i(r)$

2.2 Математический аппарат

Теорема 1 (Семантическое сжатие). Для любого $\varepsilon > 0$ существует архитектура H и параметры θ^* такие, что:
 $E[L(D, G(E(D)))] \leq \varepsilon + C(H)$

Теорема 2 (Взаимодействие NWF). Сила семантического взаимодействия:
 $F_{\{i \rightarrow j\}} = -\nabla_{\{z_j\}} S(i,j) = k \int \varphi_i(r) \nabla_{\{z_j\}} \varphi_j(r) dr$

Для гауссовых ядер:

$$S(i,j) = (2\pi)^{d/2} |\Sigma_i + \Sigma_j|^{-1/2} \exp(-\frac{1}{2}(z_i - z_j)^T (\Sigma_i + \Sigma_j)^{-1} (z_i - z_j))$$

3. Архитектура системы NWF-NFT

3.1 Модуль семантического кодирования

- **NWF-Энкодер:** $z = E(D; \theta_e)$

- **Байесовская оптимизация:** $\theta^* = \operatorname{argmin}_\theta [\|D - G(z; \theta_d)\|^2 + \lambda\|\theta\|^2]$
- **Гармонический анализ:** Декомпозиция на семантические компоненты

3.2 Механизм хранения

- **Блокчейн-слой:** Хранение хэшей (θ, z, Σ)
- **Векторный индекс:** HNSW-поиск [5]
- **Распределенное хранилище:** Параметры θ и матрицы Σ

3.3 Механизмы обработки запросов

- **Семантический поиск:** $Q \rightarrow z_q \rightarrow k\text{-NN}$ поиск
- **Генерация активов:** $z_{\text{new}} = \alpha z_1 + \beta z_2 + N(0, \Sigma)$
- **Динамическое обновление:**
 $\theta_{t+1} = \theta_t + K_t [D_{\text{new}} - G(E(D_{\text{new}}))]$

4. Практические приложения

4.1 Генерация цифрового искусства

- Создание производных NFT через семантические операции
- Интерполяция художественных стилей
- Персонализация контента

4.2 Защита от подделок

- Семантическая аутентификация через анализ ковариации
- Отслеживание provenance через историю изменений параметров

4.3 Интерактивные метавселенные

- Адаптивные 3D-объекты с динамическими текстурами
- Эффективное хранение сложных сцен

5. Оценка эффективности

Теорема 3. Коэффициент семантического сжатия:

$$\rho = \dim(X) / (\dim(Z) + \dim(\Theta)) \geq 1 + O(1/\epsilon)$$

Для изображения $1024 \times 1024 \times 3$ ($\dim(X) = 3,145,728$)

При $\dim(Z) = 256$ и $\dim(\Theta) = 10^6$: $\rho \approx 3.14$

6. Заключение и перспективы

NWF предлагают парадигмальный сдвиг в представлении NFT, обеспечивая:

- Семантическую целостность данных
- Эффективное сжатие и хранение
- Возможность интеллектуальных операций

Направления будущих исследований:

1. Квантовые нейровесовые поля (Q-NWF)
2. Разработка специализированных процессоров (NPU)
3. Методы сжатия и квантования параметров
4. Инкрементальное обучение

Список литературы

1. Wang, Q. et al. (2021). Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and Challenges. arXiv:2105.07447
2. Belousov, R.S. (2025). Neural Weight Fields: Theory of Semantic Continuum
3. Mildenhall, B. et al. (2021). NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields. Comm. ACM, 65(1), 99-106
4. Malkov, Y.A., Yashunin, D.A. (2020). Efficient and Robust Approximate Nearest Neighbor Search. IEEE TPAMI, 42(4), 824-836
5. Sarkka, S. (2013). Bayesian Filtering and Smoothing. Cambridge University Press
6. Goodfellow, I. et al. (2016). Deep Learning. MIT Press
7. Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. Mathematics of Control, Signals and Systems
8. Cover, T.M., Thomas, J.A. (2006). Elements of Information Theory. Wiley
9. Bishop, C.M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer
10. 't Hooft, G. (1993). Dimensional Reduction in Quantum Gravity. arXiv:gr-qc/9310026

Информация об авторах

Роман Сергеевич БЕЛОУСОВ — независимый исследователь. Сфера научных интересов: теория информации, машинное обучение, байесовские методы, семантические системы хранения и обработки данных.

Roman Sergeevich BELOUSOV — Independent researcher. Research interests: information theory, machine learning, Bayesian methods, semantic data storage and processing systems.