ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської
науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

м. Львів

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПРИВАТНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ІТ СТЕП УНІВЕРСИТЕТ»

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської науково-практичної конференції

27 листопада 2025 року

Львів – 2025

ББК 32.81+78.362

Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, 490 с.

За точність наведених фактів, самостійність наукового аналізу та нормативність стилістики викладу, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.

Секція 1
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК: 004.056.53

ІМПЛІЦИТНІ НЕЙРОННІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ (INR) ДЛЯ АУДІОСТЕГАНОГРАФІЇ: «ВБУДОВАНА» ПАМ'ЯТЬ МОДЕЛІ ЯК КОНТЕЙНЕР

Остап-Святослав МАЛЕЦЬ, Ольга СМОТР
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Анотація. *У роботі розглянуто використання імпліцитних нейронних представлень (INR) як нового підходу до аудіостеганографії, де контейнером для прихованої інформації виступають вагові параметри моделі, а не сам аудіосигнал. Показано, що INR здатні відтворювати звук як неперервну функцію та одночасно зберігати додаткові дані без помітної зміни якості сигналу. Підхід демонструє вищу стійкість і непомітність порівняно з класичними методами.*

Ключові слова. *аудіостеганографія, імпліцитні нейронні представлення, приховані дані, SIREN, параметри моделі.*

Abstract. *This work explores the use of Implicit Neural Representations (INR) as a novel method for audio steganography, where hidden data is embedded directly into the model's parameters rather than in the audio signal itself. INR models represent audio as a continuous function and can store additional information without affecting perceptual quality. The approach offers improved robustness and invisibility compared to traditional techniques.*

Keywords. *audio steganography, implicit neural representations, hidden data, SIREN, model parameters.*

Аудіостеганографія вже багато років є важливою частиною інформаційної безпеки, але класичні методи приховування даних у звукових сигналах (LSB, фазові методи, спектральні модифікації) все частіше демонструють вразливість до сучасних алгоритмів аналізу та компресії. Імпліцитні нейронні представлення (Implicit Neural Representations, INR), що стрімко розвиваються останніми роками, пропонують принципово іншу модель зберігання аудіо — не як дискретного набору значень, а як неперервної функції, параметризованої вагами компактної нейронної мережі. Ці параметри можуть служити прихованим каналом передачі інформації без зміни самого звуку.

INR моделює аудіосигнал як функцію $f(t) \rightarrow a(t)$, де t — час, а $a(t)$ — амплітуда. Нейронна мережа навчається відтворювати значення сигналу у довільній точці часу, використовуючи архітектури SIREN або MLP з Фур'є-позиційним кодуванням. Тобто тим самим замість налаштування і коректування великою кількості даних яку ми отримую від звукового сигналу у вигляді коефіцієнтів нейронної мережі, ми замінюємо їх на формулу яка буде все більше і більше наближуватися до вигляду сигналу та оброблятися нейронними зв'язками. Крім того зявляється можливість парцювати з зразком будь-якої дожини та з будь-якої точки, що спростить подальшу роботу.

Однією з ключових властивостей імпліцитних нейронних представлень є те, що вони зберігають інформацію не у вигляді дискретних зразків, як це роблять традиційні аудіоформати, а у вигляді параметрів нейронної мережі, які апроксимують цілісний, неперервний сигнал. Це принципово змінює те, що ми вважаємо «контейнером» для звуку. У класичних методах контейнер — це або сам аудіофайл, або його оброблена версія. У випадку INR контейнером стає модель, а аудіо — лише функція, яку вона породжує. INR зберігає сигнал через набір ваг θ, які моделюють функцію[1]:

$$a(t) = f(t, \theta) \quad (1)$$

де t— час, а f— багатошаровий перцептрон, найчастіше з синусоїдальними або спектрально-кодованими активаціями. Ці ваги виконують роль особливого “простору пам’яті”: у них компактно закодовано структуру звукової хвилі, її гармонічні компоненти, динаміку та локальні високочастотні особливості. Оскільки аудіосигнал відтворюється як функція, параметри мережі можуть змінюватися в дуже широких межах без жодної помітної зміни звучання. Саме ця надлишковість робить INR придатним носієм прихованих даних.

При інтеграції додаткового повідомлення у модель змінюється не сама хвильова форма, а спосіб, яким мережа її описує. Це відбувається під час тренування шляхом модифікації цільової функції[2], наприклад:

$$L = L_{reconstruction} + aL_{hidden\_message} \quad (2)$$

Перший доданок відповідає за точне відтворення звуку, другий — змушує модель «запам’ятати» певну послідовність бітів. Таким чином у ваговому просторі формується область, прив’язана до прихованого повідомлення, але вона майже не впливає на якість аудіореконструкції. Це нагадує ситуацію, коли дві різні формули можуть описувати ту саму криву, і обидві будуть правильними, хоча внутрішня структура відрізняється. На практиці це означає, що INR дозволяє приховувати інформацію в місці, яке в традиційних аудіосистемах просто не існує.

Класичні стеганографічні методи завжди працюють із зміненою версією аудіо — модифікують молодші біти зразків, фазу або спектральні коефіцієнти, що залишає сліди для аналізу. INR ж дозволяє залишити сам сигнал недоторканим, приховуючи дані у структурі моделі. При цьому модель може витримувати квантизацію, перетворення зразків, конвертацію у різні формати або навіть видалення частини параметрів — приховане повідомлення зберігається, бо воно інтегроване не у конкретні значення, а у просторові взаємозв’язки між вагами.

Прикладом використання може бути приховування криптографічного ключа у моделі SIREN, де модель одночасно відтворює хвильову форму та містить додаткові біти даних. Ще один сценарій — приховування службової інформації або маркерів авторських прав у

параметрах MLP, які залишаються стабільними навіть після квантизації FP16. Окрім того, INR здатні містити часові послідовності, невеликі бінарні файли або метадані, які не зникають під впливом перетворення зразків або перекодування аудіо.

Завдяки поєднанню компактності, неперервності та високої місткості параметрів, INR формують новий підхід до аудіостеганографії, у якому контейнером стає не файл, а сама модель. Це робить метод особливо стійким та адаптивним у сучасних системах кодування звуку.

Література

1. Sitzmann V. et al. Implicit Neural Representations with Periodic Activation Functions, 2020.

2. Chen Z., Zhang H. Neural Fields in Audio Signal Processing: A Survey, 2023.

3. Zhu R. et al. Steganography in Neural Network Weights, 2022.

4. Valle R. et al. Neural Speech Synthesis using SIREN Features, 2022.

5. Meta AI. Neural Audio Codec (EnCodec), 2023.

6. Tancik M. et al. Fourier Features Let Networks Learn High Frequency Functions, 2021.

7. Huang S. et al. Neural Audio Compression with Trainable Codebooks, 2023.

З М І С Т

Секція 1

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Секція 2

КІБЕРБЕЗПЕКА

Наукове видання

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Збірник тез доповідей
VII Всеукраїнської науково-практичної конференції

Відповідальні за випуск **Назарій БУРАК**
Олександр ХЛЕВНОЙ

Оригінал-макет **Юлія НАЗАР, Ольга СМОТР, Роман ГОЛОВАТИЙ, Діана РАЙТА, Віра ДОВБНЯК, Іван РОВЕЦЬКИЙ, Наталія ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА**

Підписано до друку 12.11.2025 р.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.
Друк на різографі. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 30.

Друк ЛДУ БЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
тел./факс: (032) 233-32-40, 233-24-79.