

УДК 004.7

*Рудич М.В., здобувач,
Духновська К.К., к.т.н.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДИФУЗІЙНИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Дифузійні моделі базуються на двох взаємопов'язаних процесах: поступовому руйнуванні структури зображення шляхом додавання шуму та подальшому її відновленні. Основна ідея полягає в тому, що складну задачу генерації зображення можна розбити на послідовність простіших кроків.

Прямий процес дифузії полягає у поступовому додаванні випадкового шуму до зображення протягом дискретних кроків часу. На кожному кроці до пікселів додається шум, зазвичай змодельований нормальним розподілом, що призводить до поступової втрати структурної інформації. Цей процес формалізується як марковський ланцюг, у якому стан зображення на поточному кроці залежить лише від попереднього. Така властивість спрощує моделювання, оскільки не потребує врахування всієї історії перетворень. Важливу роль відіграє параметр, відомий як планувальник шуму, який визначає інтенсивність шуму на кожному кроці. Від його налаштувань залежить швидкість деградації зображення: при малих значеннях процес є плавним, при великих — структура руйнується швидше. Після достатньої кількості ітерацій зображення втрачає всі впізнавані ознаки та наближається до білого шуму [1].

Зворотний процес дифузії полягає у поетапному відновленні зображення зі стану шуму. Замість прямого відновлення пікселів модель навчається оцінювати шум, який було додано на кожному кроці прямого процесу.

На практиці використовується нейронна мережа (часто архітектура типу U-Net), яка на вході отримує зашумлене зображення та номер кроку, а на виході прогнозує компонент шуму. Отримана оцінка віднімається від поточного стану, що дозволяє отримати менш зашумлену версію зображення. Навчання моделі виконується шляхом мінімізації середньоквадратичної помилки (MSE) між передбаченим і реальним шумом, доданим у прямому процесі. Повторюючи цей процес багаторазово, модель поступово відновлює структуру зображення — від загальних контурів до дрібних деталей. Такий підхід дозволяє

ефективно реконструювати сигнал навіть за умов значного зашумлення [1][2].

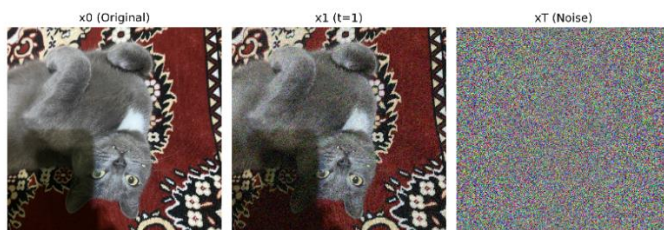


Рис.1. Ілюстрація прямого процесу у дифузійних моделях

Застосування. Однією з ключових задач є видалення шуму. У реальних системах, таких як відеоспостереження, зображення часто містять шум через низьку освітленість або обмеження сенсорів. Дифузійні моделі дозволяють відновлювати деталі зображення без суттєвих втрат якості, що підвищує точність подальшого аналізу. У медичних інформаційно-вимірювальних системах, зокрема при обробці рентгенівських або МРТ-зображень, важливо мінімізувати шум без спотворення структур. Дифузійні моделі забезпечують високу якість реконструкції, що є критичним для діагностики [2,3].

Ще одним важливим застосуванням є відновлення пошкоджених або відсутніх ділянок зображення (inpainting). Модель використовує контекст сусідніх областей для реконструкції відсутніх даних, що дозволяє ефективно відновлювати інформацію.

Висновок. Дифузійні моделі є ефективним підходом до відновлення зображень у задачах цифрової обробки сигналів. Їх основна перевага полягає у використанні поетапного процесу зашумлення та відновлення, що дозволяє отримувати високоякісні результати навіть за значного рівня шуму.

Список використаних джерел:

1. Ho J., Jain A., Abbeel P. Denoising diffusion probabilistic models // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2020.
2. Song Y., Ermon S. Generative modeling by estimating gradients of the data distribution // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2019.
3. Karras T., Aittala M., Laine S., et al. Elucidating the design space of diffusion-based generative models // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2022.