Метрика MSE (Mean Squared Error)

Метрика MSE (Mean Squared Error) при сравнении исходного и стегоизображения

MSE (среднеквадратическая ошибка) — одна из ключевых метрик, применяемых для оценки степени искажения при внедрении скрытого сообщения в изображения (стеганографии).

Она измеряет среднее значение квадратов разностей между пикселями исходного (cover) изображения и стегоизображения (stego).

**Формула**

Где:

* — размеры изображения;
* — значение яркости пикселя исходного изображения;
* — значение яркости пикселя стегоизображения.

**Интерпретация**

* Чем **меньше значение MSE**, тем менее заметно внесённое изменение и тем **выше качество стеганографического встраивания**.​
* Идеальное качество (отсутствие искажений) соответствует MSE=0*MSE*=0, что означает полное совпадение изображений.
* Рост значения MSE указывает на увеличение различий между исходным и стегоизображением, что делает внедрение визуально заметным.​

**Практическое использование в стеганографии**

* MSE оценивает **уровень искажений после внедрения данных**, обеспечивая количественную характеристику «незаметности».
* Используется совместно с **PSNR** (пиковое отношение сигнала к шуму) и **SSIM** (показатель структурного сходства) для комплексной оценки imperceptibility (невидимости внедрения).
* При исследовании современных методов (например, на основе U-Net, DCT, LSB и нейронных сетей) MSE применяется для сравнения качества между различными методами встраивания.​
* В типичных экспериментах со стегоизображениями значения MSE находятся в диапазоне **0.1–10.0**; при MSE < 1 визуальная разница между изображениями практически незаметна.

**Пример интерпретации**

Если MSE = 0.25 при исходном 8-битном изображении, то изменение средней яркости пикселя составляет √0.25 = 0.5 градации из 256 — такое искажение невозможно визуально различить.

.

**Список источников по ГОСТ Р 7.0.100–2018**

1. Performance Metrics for Image Steganography [Электронный ресурс] // *GeeksforGeeks*. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/performance-metrics-for-image-steganography/> (дата обращения: 23.10.2025).
2. An Analysis of Image Steganography Methods [Электронный ресурс] // *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. – Vol. 3, Issue 2. – 2014. – Режим доступа: <https://www.ijert.org/research/an-analysis-of-image-steganography-methods-IJERTV3IS21289.pdf> (дата обращения: 23.10.2025).
3. A Novel Approach to Information Hiding Technique Using Adaptive LSB [Электронный ресурс] // *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*. – 2021. – Режим доступа: <https://bit.kuas.edu.tw/2021/vol12/n2/3.JIHMSP1573.pdf> (дата обращения: 23.10.2025).
4. Comparative Performance Assessment of Deep Learning-Based Steganography [Электронный ресурс] // *Nature Scientific Reports*. – 2022. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17362-1> (дата обращения: 23.10.2025).
5. Adjusting Image Stego Practicality via YCbCr Color Space [Электронный ресурс] // *ScienceDirect*. – 2025. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2307187725000987> (дата обращения: 23.10.2025).