

ОГЛЯД МЕТРИК ПОРІВНЯННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Проаналізовано особливості основних метрик порівняння якості зображень.

Ключові слова: метрика, якість зображення, середньоквадратичне відхилення, універсальний індекс якості.

Abstract

The characteristics of main image quality indexes were analyzed.

Keywords: index, image quality, mean square error, universal quality index.

Вступ

Комп'ютерна графіка широко використовується у різноманітних сферах діяльності, оскільки графічна форма подання інформації характеризується високою інформативністю та наглядністю [1].

Для формування тривимірних графічних сцен використовуються різні моделі відбиття світла [2] та методи зафарбовування поверхонь. Тому для порівняння сформованих зображень об'єктів на основі різних методів і моделей актуальним є використання метрик порівняння якості зображень.

Мета роботи

Проведення аналізу основних метрик порівняння якості зображень.

Огляд метрик порівняння якості зображень

Корінь середньоквадратичного відхилення (root-mean-square error *RMSE*) для порівняння двох зображень X, Y однакової розмірності обчислюється за формулою [3]

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - y_{ij})^2}{IJ}}, \quad (1)$$

де I – кількість пікселів зображення по вертикалі, J – кількість пікселів зображення по горизонталі, x_{ij}, y_{ij} – відповідно значення кольору i -го, j -го пікселя зображень X, Y .

Застосування піднесення до квадрату різниці величин забезпечує збільшення ваги великих відхилень.

Середнє нормоване квадратичне відхилення (mean normalized square error *MNSE*) характеризується нормалізацією значень кольорів пікселів. Обчислюється за формулою [4]

$$\frac{1}{IJ} \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - y_{ij})^2}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}^2} \quad (2)$$

Пікове співвідношення сигналу до шуму (peak signal-to-noise ratio *PSNR*) показує відношення максимальної потужності сигналу до потужності шуму. Зазвичай використовується при оцінці якості реконструкції зображень. Обчислюється за формулою [5]

$$10\log_{10}\left(\frac{MAX^2}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - y_{ij})^2}\right), \quad (3)$$

IJ

де MAX – максимальне значення кольору пікселя.

Більші значення $PSNR$ означають кращу якість зображення.

Універсальний індекс якості зображення (universal image quality index UIQ) при визначенні подібності зображень враховує втрату кореляції між зображеннями, спотворення яскравості та контрасту. Обчислюється за формулою [6]

$$\frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\cdot\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)(\bar{x}^2 + \bar{y}^2)}, \quad (4)$$

де \bar{x}, \bar{y} – відповідно середні значення кольорів пікселів X, Y .

Діапазон можливих значень UIQ становить $[-1, 1]$, максимальна подібність досягається при $UIQ = 1$. Забезпечує більш точне порівняння зображень, ніж середньоквадратична похибка, за рахунок виявлення структурних спотворень об'єктів.

Індекс структурної подібності (structural similarity index measure $SSIM$) полягає у ідеї, що просторово близькі пікселі характеризуються взаємозалежностями, які визначають інформацію про структуру об'єктів зображення. Метрика розроблена на основі UIQ . Формула обчислення $SSIM$ поєднує три складові: яскравість (l), контраст (c), структуру (s). $SSIM$ обчислюється за формулою [7]

$$l^\alpha c^\beta s^\gamma, \quad (5)$$

де α, β, γ – степені складових формули, зазвичай дорівнюють 1.

l обчислюється за формулою

$$\frac{2\mu_x\mu_y + c_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1}, \quad (6)$$

де μ_x, μ_y – відповідно середнє значення кольору пікселів зображень X, Y , $c_1 = (0.01L)^2$ (L – динамічний діапазон значень пікселів).

c обчислюється за формулою

$$\frac{2\sigma_x\sigma_y + c_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2}, \quad (7)$$

де $c_2 = (0.03L)^2$, σ_x, σ_y – відповідно стандартне відхилення значень кольорів пікселів зображень X, Y .

s обчислюється за формулою

$$\frac{\sigma_{xy} + c_3}{\sigma_x\sigma_y + c_3}, \quad (8)$$

де $c_3 = \frac{c_2}{2}$, σ_{xy} – коваріація значень X, Y .

$SSIM = 1$ означає максимальну подібність, $SSIM = 0$ – відсутність подібності.

Висновки

Розглянуто найбільш популярні метрики порівняння якості зображень. Прості метрики ($RMSE, MNSE$) полягають у визначенні різниці між значенням кольорів пікселів. Більш складні метрики ($SSIM, UIQ$) враховують залежності між пікселями, структурні спотворення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Н. Романюк, *Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник*. Вінниця, Україна : ВНТУ, 1999
2. Є. К. Завальнюк, О. Н. Романюк, В. В. Войтко, О. В. Романюк та А. В. Снігур, «Розробка модифікованої моделі Шліка для визначення спекулярної складової кольору», *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, № 3, с. 4-12, 2022.
3. «Root-mean-square deviation». Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation (accessed Jan. 30, 2022).
4. О. Н. Романюк та Г. В. Богачук, «Методи та засоби підвищення ефективності рендерінгування 3D-графічних сцен», у *Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, Україна, 14 – 23 березня 2018, с. 1069-1070.
5. «Peak signal-to-noise ratio». Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Peak_signal-to-noise_ratio (accessed Jan. 30, 2022).
6. Z. Wang and A. C. Bovik, «A Universal Image Quality Index», *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 9, № 3, p. 81-84, 2002.
7. «Structural similarity». Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Structural_similarity (accessed Jan. 30, 2022).

Завальнюк Євген Костянтинович — студент, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: qq9272627@gmail.com.

Романюк Олександр Никифорович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Zavaliuk Yevhen K. — student, Department of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : qq9272627@gmail.com.

Romaniuk Oleksandr N. — Dr. Sc., Professor, Head of the Chair of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia