

Розділ 3: TRW-S на зображенні

Домашнє завдання

1 Основне (2 бали)

1.1 TRW-S на ланцюзі Маркова

Навести алгоритм пошуку найкращої розмітки за допомогою TRW-S на ланцюзі

$$k^* = \operatorname{argmax}_{k \in K^{n+1}} \left\{ \frac{1}{z} \cdot \exp \left[- \sum_{i=0}^n q_i(k_i) - \sum_{i=1}^n g_i(k_{i-1}, k_i) \right] \right\}.$$

2 Додаткове (3 бали)

2.1 Метод напівглобальної оптимізації

Нехай $T = \{1, \dots, n\}^2$ — поле зору. Дано скінченну множину міток K , унарну функцію $q : T \times K \rightarrow \mathbb{R}$ та симетричну бінарну функцію $g : \tau \times K^2 \rightarrow \mathbb{R}$.

Кожен піксель є коренем дерева, гілки якого напрямлено в чотири сторони: горизонтально вліво (до лівого краю), горизонтально вправо (до правого краю), вертикально вгору (до верхнього краю) і вертикально вниз (до нижнього краю). Для кожного пікселя треба знайти таку мітку, що є частиною кращої розмітки дерева, коренем якого він є

$$k_t^* \in \operatorname{argmin}_{k_t \in K} \min_{k : T \setminus \{t\} \rightarrow K} \left\{ \sum_{t \in T} q_t(k_t) + \sum_{tt' \in \tau} g_{tt'}(k_t, k_{t'}) \right\}.$$

де

$$\sum_{tt' \in \tau} g_{tt'}(k_t, k_{t'}) = \sum_{x=t_x}^{n-1} g_{t_y, x}(k_{t_y, x}, k_{t_y, x+1}) + \sum_{x=t_x}^2 g_{t_y, x}(k_{t_y, x}, k_{t_y, x-1}) + \sum_{y=t_y}^{n-1} g_{y, t_x}(k_{y, t_x}, k_{y+1, t_x}) + \sum_{y=t_y}^2 g_{y, t_x}(k_{y, t_x}, k_{y-1, t_x}).$$

Описати алгоритм пошуку таких міток, що потребує не більше, ніж $O(n^2 \cdot |K|^2)$ порівнянь та додавань. Вважаємо, що q та g розраховуються за константний час, та пам'ятаємо, що n в даному випадку — висота та ширина зображення, тобто n^2 — його площа.

Підказки:

- Виведення TRW-S потребувало розв'язок подібної задачі, тому ідею розв'язку можна здобути з лекцій.
- Схожі методи описано у статтях
<https://core.ac.uk/download/pdf/11134866.pdf>
та <http://dev.ipol.im/~facciolo/mgm/mgm.pdf>.

3 Комп'ютерне (4 бали)

3.1 Основи реставрації зображень

Задача

Нехай $T = \{1, \dots, h\} \times \{1, \dots, w\}$ — поле зору. Маємо набір відтінків сірого $C = \{0, \dots, 255\}$ і спеціальне значення ε , що відповідає за відсутність інформації про колір (яке може співпадати з існуючим кольором — наприклад, чорним). На вході пошкоджене чорно-біле зображення $x : T \rightarrow C \cup \{\varepsilon\}$. Студент обирає набір міток з множини кольорів $K \subseteq C$ (наприклад, 5 відтінків сірого $K = \{0, 64, 128, 192, 255\}$) і коефіцієнт згладжування $\alpha > 0$. Побудувати ітеративне наближення кращої розмітки за допомогою алгоритму TRW-S для розподілу

$$k^* \in \operatorname{argmax}_{k : T \rightarrow K} \frac{1}{Z(x)} \cdot \exp \left\{ - \sum_{t \in T} \|x_t - k_t\| \cdot \llbracket x_t \neq \varepsilon \rrbracket - \alpha \cdot \sum_{tt' \in \tau} \|k_t - k_{t'}\| \right\},$$

де τ — така структура сусідства, що сусідами пікселя t з координатами $\langle t_x, t_y \rangle \in$

$$N(t) = \{ \langle t_x - 1, t_y \rangle, \langle t_x + 1, t_y \rangle, \langle t_x, t_y - 1 \rangle, \langle t_x, t_y + 1 \rangle \}.$$

Допитливі можуть дізнатися більше про цю задачу (Image Denoising and Inpainting) в роботі <https://www.cs.cornell.edu/~rdz/Papers/SZSVKATR-PAMI08.pdf>.

Мета

Закріпити навички оцінки найбільш ймовірного стану випадкового поля за допомогою TRW-S.

Завдання

На вхід програмі подається

- шлях до пошкодженого зображення;
- значення α ;
- кількість відтінків у K (або перелік самих кольорів).

Для 16 відтінків на зображенні розміром 500×250 один прохід алгоритму (прямий і зворотній в сумі) повинен тривати не довше за одну хвилину.

Для більшої наочності можна розбити кольорове зображення на кілька каналів та обробити окремо, а потім об'єднати їх знов.

Приклад

Далі наведено пошкоджене зображення 1 та поновлене 2. Зауважте, що окрім малюнків алгоритм частково впорався з кракелюром та відблисками.

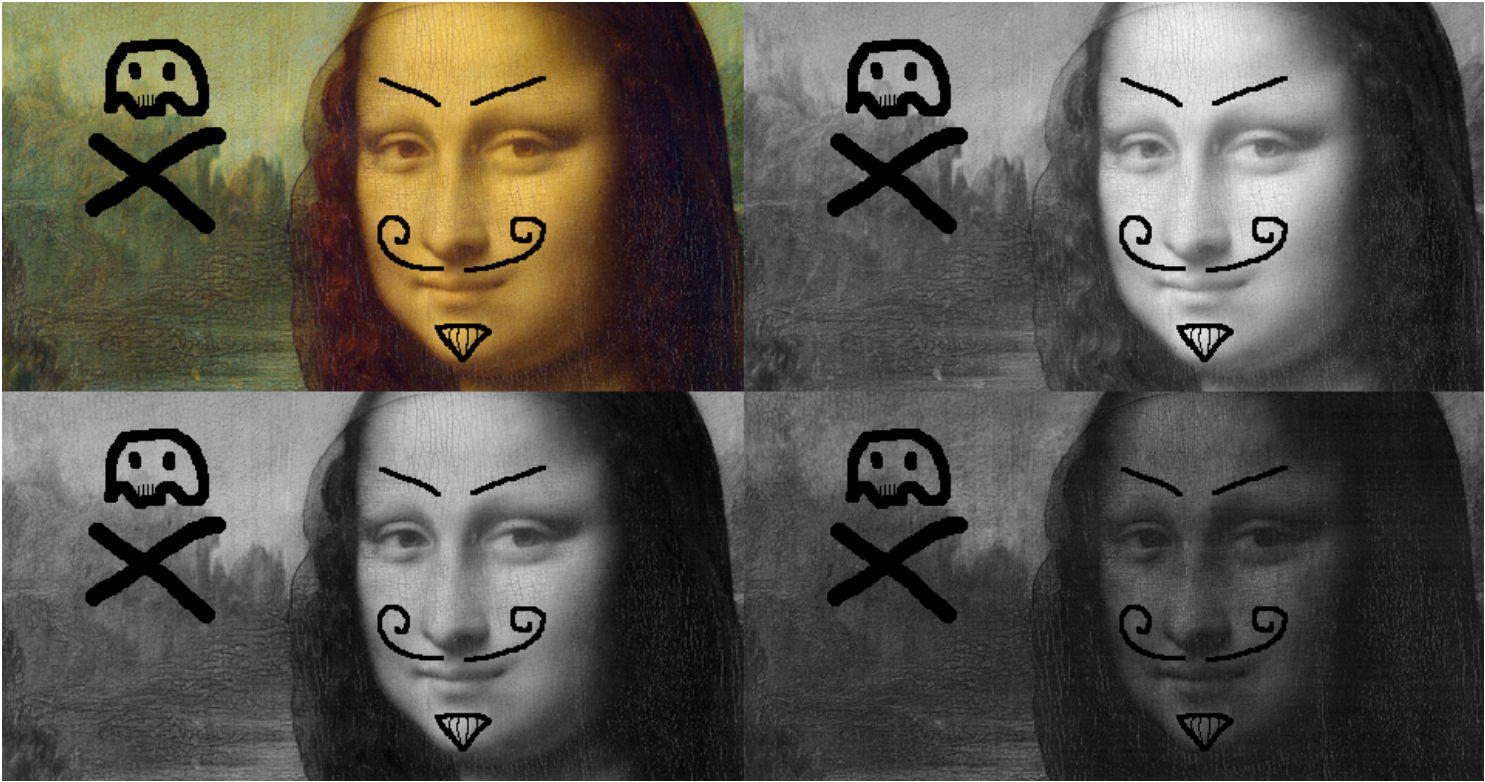


Рис. 1: Пошкоджене зображення з чорним кольором в якості ϵ , розкладене на канали

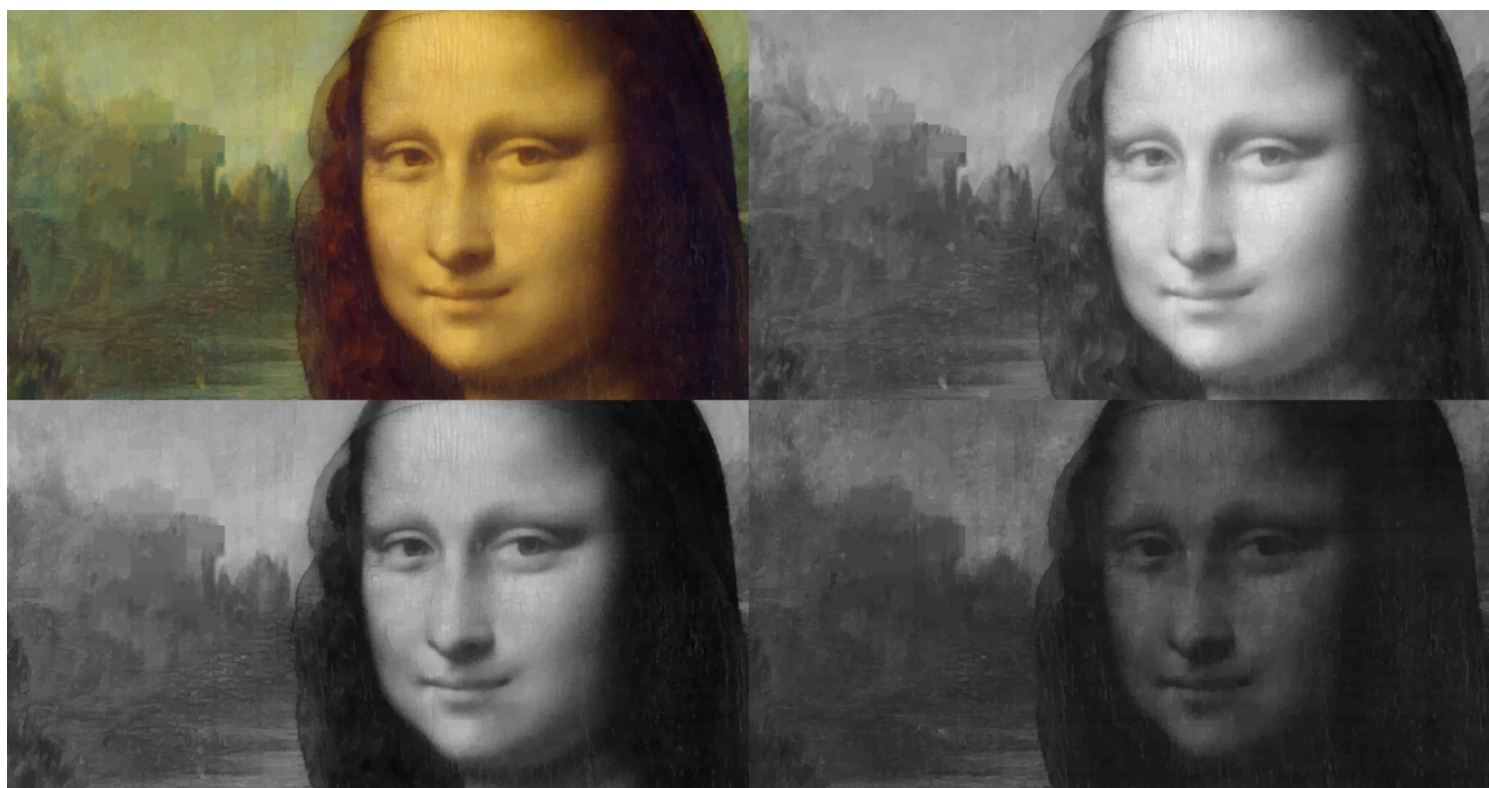


Рис. 2: Результати поновлення за 20 ітерацій з використанням 64 відтінків і $\alpha = 2.5$ для кожного каналу