

СПОСОБ АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ АРТЕФАКТОВ НА ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Корнилов Антон Сергеевич^{1,2}
*Макиенко Дарья Олеговна*¹

1: *Стажёр-исследователь, Научно-исследовательский центр компании
Schlumberger, Москва, Россия*

2: *Аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ», Москва, Россия
E-mail: kranton94@mail.ru*

Научный руководитель — Сафонов Илья Владимирович

Кольцевые артефакты являются одним из типичных дефектов изображений рентгеновской компьютерной томографии (КТ). Было предложено множество аппаратных и программных способов подавления кольцевых артефактов. Несмотря на применение подобных способов в системах микроКТ, часть кольцевых артефактов остаётся на слоях трёхмерного реконструированного изображения. Они выглядят как тёмные и/или светлые царапины, образующие дуги окружности вокруг центра среза. Каждый такой артефакт может быть шириной и толщиной от одного до нескольких вокселей.

Целесообразно детектировать и корректировать рассматриваемые локальные артефакты с помощью глубоких свёрточных нейронных сетей. Восемь 396839681840 изображений с глубиной цвета 8 бит на воксел различных типов песчаников и песка использовались для формирования обучающей и валидационной выборок. Однако, всего около 1500 областей, повреждённых кольцевыми артефактами, было обнаружено на этих изображениях. Для обнаружения областей использовался расширенный на 3D алгоритм, основанный на согласованной фильтрации в цилиндрической системе координат [1]. Такого количества областей недостаточно для обучения, даже если применять известные подходы к аугментации изображений [2].

Предлагается способ аугментации, в котором реальные кольцевые артефакты смешиваются с 3D неповреждёнными фрагментами рассматриваемых изображений в цилиндрической системе координат, что автоматически приводит к масштабированию и перемещению артефактов в декартовой системе.

На изображение в цилиндрической системе координат I^c переносится 3D область с артефактом I_a с началом в координатах воксела

$v_a = (x_a, y_a, z_a)$:

$$I^c(v) = \begin{cases} clip(I^c(v) + \Delta_a(v - v_a)) & x \in [x_a, x_a + N_a] \wedge \\ & y \in [y_a, y_a + M_a] \wedge \\ & z \in [z_a, z_a + D_a] \\ I^c(v) & \text{иначе} \end{cases}, \quad (1)$$

где (x, y, z) – координаты воксела v изображения; $x = 0, \dots, N - 1$, $y = 0, \dots, M - 1$, $z = 0, \dots, D - 1$; N, N_a – размер изображения и области артефакта по оси X ; M, M_a – размер изображения и области артефакта по оси Y ; D, D_a – размер изображения и области артефакта по оси Z ; $clip$ – функция отсечения значения воксела в диапазон $[0, 255]$; Δ_a – изображение размера $N_a \times M_a \times D_a$, определяемое формулами (2) и (3):

$$\Delta_a(v) = \mu(v) - median_{xz}[\mu(v)], \quad (2)$$

$$\mu(x, y, z) = M[I_a(v), I_a(x, y + 1, z), \dots, I_a(x, y + k_y, z)], \quad (3)$$

где $x = 0, \dots, N_a - 1$, $y = 0, \dots, M_a - 1$, $z = 0, \dots, D_a - 1$; $M[\bullet]$ – обозначает среднее значение; $median_{xz}[\bullet]$ – обозначает медианное значение относительно плоскости, параллельной XZ .

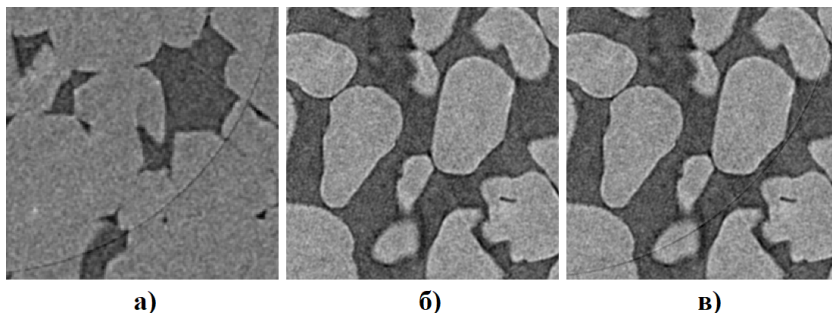
Случайно выбираемый артефакт из выборки обнаруженных артефактов смешивался с неповреждённым регионом изображений. Подобным образом на каждое исходное изображение было перенесено порядка $2 \cdot 10^4$ артефактов. Координата x_a начала артефакта в цилиндрической системе выбирались случайным образом в диапазоне $[0, N - N_a]$, координата y_a изменялась с шагом, случайно выбираемым в диапазоне $[s_{y_{a1}}, s_{y_{a2}}]$ на каждом шаге добавления следующего артефакта, координата z_a выбирались случайным образом в диапазоне $[0, D - D_a]$. Начальное значение y_a в нашем случае было установлено равным 200, $s_{y_{a1}} = 20$, $s_{y_{a2}} = 150$, а $k_y = 20$.

Дополнительно выполнялся биннинг (процедура объединения соседних элементов изображения в один элемент, что приводит к повышению контраста, но понижению пространственного разрешения изображения) и варьировалась интенсивность неповреждённых фрагментов и регионов, содержащих артефакты.

Результатом работы алгоритма является несколько миллионов 3D патчей (фрагментов изображений) для обучения и валидации нейронной сети. На рисунке показан настоящий кольцевой артефакт

(а), неповреждённый фрагмент изображения (б), артефакт перенесённый на неповреждённый фрагмент (в). Как видно, сформированные в результате аугментации кольцевые артефакты визуально практически неотличимы от натуральных.

Иллюстрации



Настоящий кольцевой артефакт (а); неповреждённый фрагмент (б); перенесённый артефакт с первого изображения на второе (в).

Литература

1. Kornilov A., Safonov I., Yakimchuk I. Blind Quality Assessment for Slice of Microtomographic Image // In 2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), 2019, P. 170–178.
2. Buslaev A., Parinov A., Khvedchenya E., Iglovikov V. I., Kalinin A. A. Alumentations: fast and flexible image augmentations // arXiv preprint arXiv:1809.06839, 2018.