

**ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ  
ПОИСКА И РАСПОЗНАВАНИЯ В РУКОПИСНЫХ  
ДРЕВНЕКИТАЙСКИХ АРХИВАХ**

*Сюй Минчуань*

*Аспирант*

*Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: xu.mingchuan@cs.msu.ru*

*Научный руководитель — Местецкий Леонид Моисеевич*

В данной работе предлагается эффективный метод сравнения цифровых изображений китайских иероглифов для распознавания и поиска в рукописных архивах. Метод основан на построении модели иероглифа в виде плоского геометрического графа (метаграфа), определяемого как подграф внутренней диаграммы Вороного многоугольной фигуры, аппроксимирующей растровое изображение иероглифа. Для сравнения изображений иероглифов предлагается мера сходства для таких геометрических графов, которые в общем случае неизоморфны.

Построение метаграфа включает в себя аппроксимацию бинарного изображения иероглифа многоугольной фигурой, построение внутренней диаграммы Вороного [1] и медиального представления многоугольной фигуры, и построение метаграфа на основе медиального представления. Примеры построенных метаграфов и их исходные иероглифы см. Иллюстрации ниже.

Сравнение метаграфов проводится на основе решения оптимизационной задачи линейного программирования - задачи о назначениях.

$$\text{minimize } f(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} x_{ij}, \quad \text{при } \sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1, \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq 1 \quad (1)$$

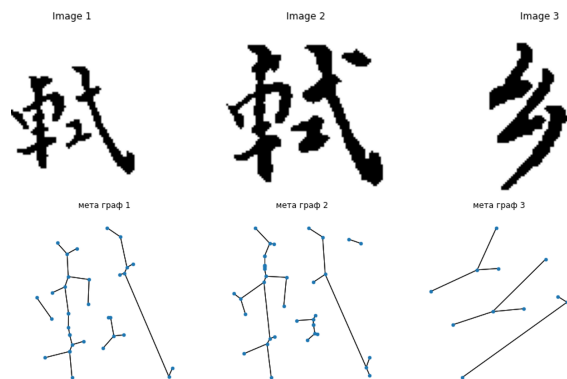
где  $n, m$  - число узлов первого и второго метаграфа,  $X = \{x_{ij}\}, x_{ij} \in \{0, 1\}$  - бинарные индикаторы, указывающие установки соответствия между  $i$ -ым узлом первого графа и  $j$ -ым узлом второго графа.  $\lambda_{ij}$  - коэффициент стоимости для  $x_{ij}$ , установленный по определенному критерию. Коэффициенты определяют веса для соответствия узлов. Неравенства в (1) требуют, чтобы у каждого узла был хотя бы один соответствующий узел в другом графе.

При однократном распознавании в реальном поиске по ключевому запросу мы сортируем значения меры различия в порядке воз-

растания и берем первые несколько символов с минимальными значениями меры различия в качестве кандидатов, которые могут быть использованы конечными пользователями - исследователями архивных документов.

По результатам экспериментов на большом наборе древних иероглифов CASIA-ANCDB [2] точность классификации сравнима с результатами, полученными методами глубокого обучения (96.91% точность на тестовом наборе данных, у нейросетевого метода - 96.64%), при этом отсутствие необходимости обучения подразумевает низкое требование к вычислительным ресурсам. Кроме того, метод полностью интерпретируем, что важно для понимания и корректировки процесса распознавания, а также для дальнейшего развития метода.

### Иллюстрации



Тройка бинарных рукописных древнекитайских иероглифов и соответствующие метаграфы иероглифов

### Литература

1. Местецкий Л.М. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2009
2. Yue Xu, Fei Yin, Da-Han Wang, Xu-Yao Zhang, Zhaoxiang Zhang, and Cheng-Lin Liu. CASIA-ANCDB: A large-scale chinese ancient handwritten characters database. In 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), pages 793–798, 2019. doi: 10.1109/ICDAR.2019.00132.