

Применение FGA-ТЕХНОЛОГИИ в автоматизированных системах для исследования флюорограмм



Чудинов С.М. ОАО «НИИ Супер-ЭВМ», г.Москва

Томакова Р.А. ФГБОУ ВПО «Юго-Западный университет», г. Курск

Постановка задачи

В настоящее время в медицинских системах интеллектуальной поддержки принятия решений применяются гибридные модели анализа. Такие модели используются в автоматизированных системах диагностики заболеваний легких, которые построены на основе фрактального анализа флюорограмм.

Для автоматической классификации изображений флюорограмм легких разработан метод, основанный на фрактальном представлении моделей цифровых изображений. Этот метод позволяет осуществлять формирование пространства информативных признаков для обеспечения диагностики заболеваний.

Построение математической модели

Двумерное изображение флюорограммы представляется в виде трехмерной структуры с координатами X, Y , ОП (величина оптической плотности) в качестве третьей координаты. С этой целью ось ОП флюорограммы делится на 20 слоёв с шагом в 5%.

Для определения мультифрактальных параметров структур растровых изображений используется метод разбиения изображения на квадратные ячейки со стороной δ .

Минимальный элемент изображения x_{ij} – величина, характеризующая градацию серого в пределах от 0 до 255, где 0 - черный цвет, а 255 - белый; $i = \overline{1, r}$, $j = \overline{1, c}$ где r, c – число строк и столбцов, ограничивающих размер изображения.

Методика расчета

Рассматриваются пиксели двух типов. При этом исходный набор данных x_{ij} преобразуется в новый

$$y_{ij}(x_{ij}, \Gamma) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_{ij} \notin \Gamma; \\ 1, & \text{если } x_{ij} \in \Gamma; \end{cases}$$

где $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_1 + 1, \gamma_1 + 2, \gamma_1 + 3 \dots \gamma_2\}$ множество упорядоченных элементов, $\gamma_1, \gamma_2 \in \{0, 1, 2 \dots 255\}$

В результате разбиения исходного изображения на квадратные ячейки со стороной δ , получаем $N(\delta)$ - общее число ячеек на изображении.

Для каждой ячейки с номером k , $k = \overline{1, N(\delta)}$ вычисляем количество единичных пикселей

$$M_k = \sum_{i=r(k)}^{r(k)+\delta-1} \sum_{j=c(k)}^{c(k)+\delta-1} y_{ij}(\Gamma), \quad k = \overline{1, N(\delta)}$$

где $r(k)$ и $c(k)$ – номер строки и столбца k -ой ячейки.

Методика расчета

Вычисляем количество единичных пикселей изображения: $M = \sum_{k=1}^{N(\delta)} M_k$

определяем «заселенность» k -й ячейки: $p_k = \frac{M_k}{M}$, $k = \overline{1, N(\delta)}$.

вычисляем спектр обобщенных фрактальных размерностей

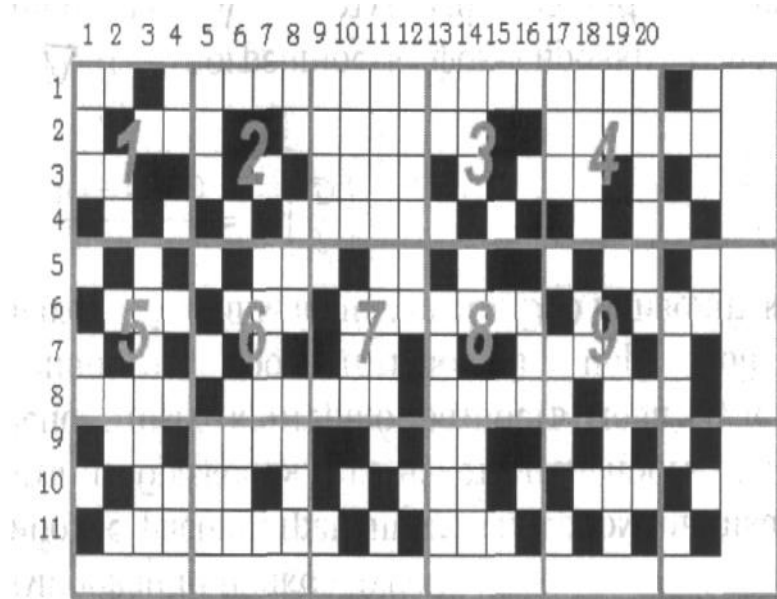
$$D_q = \frac{\tau(q)}{q-1}, \quad \tau(q) = \lim_{\sigma \rightarrow \infty} \frac{\ln \sum_{i=1}^{N(\delta)} p_i^q(\delta)}{\ln \delta}$$

С помощью спектра Dq определяются параметр скрытой упорядоченности структуры $D^{-\infty} - D^{+\infty}$.

Разбиение исходного изображения

6

пример изображения с разбиением на ячейки с стороной $\delta = 4$,
пиксели, не попавшие в ячейки анализа, не учитываются.

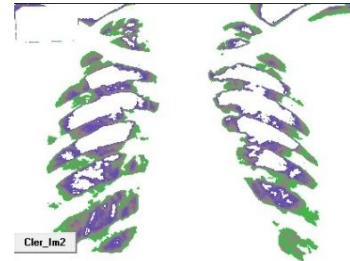


Результаты обработки

Результаты обработки рентгенограмм на основании фрактального подхода



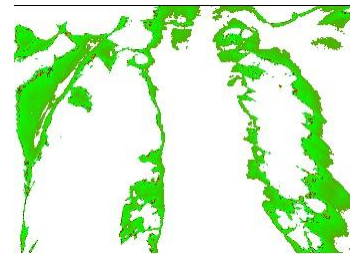
Очаговый туберкулез
в стадии кальцинации



Математическая модель
(один оптический слой)

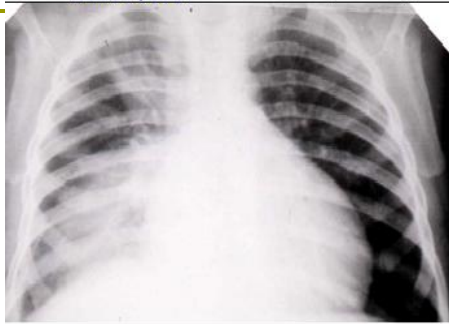


Туберкулема легких

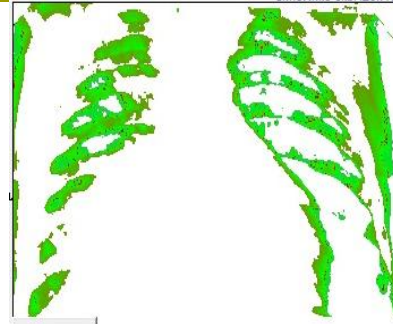


Математическая модель
(один оптический слой)

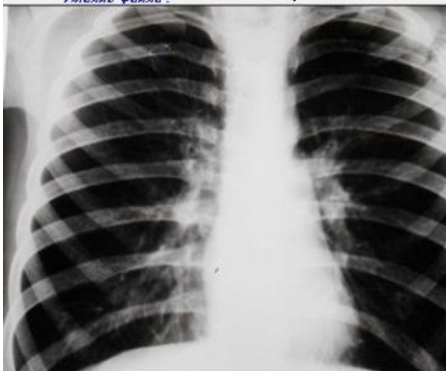
Результаты обработки



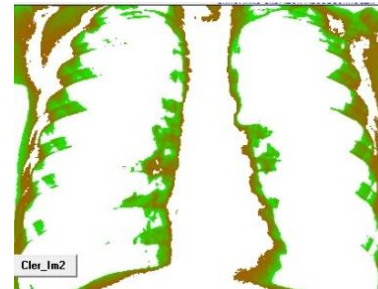
Долевая пневмония



Математическая модель
(один оптический слой)



Здоров



Математическая модель
(один оптический слой)

Реализация метода

Для реализации метода классификации флюорограмм необходимо

$N(\delta)$ раз использовать формулу
$$M_k = \sum_{i=r(k)}^{r(k)+\delta-1} \sum_{j=c(k)}^{c(k)+\delta-1} y_{ij}(\Gamma), k = \overline{1, N(\delta)}$$

Операция повторяется для каждого слоя, то есть 20 раз.

Интегральное представление изображения - это матрица, размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения. Элементы этой матрицы рассчитываются по формуле:

$$I_{\Sigma}(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} I(i, j)$$

Расчет интегрального изображения занимает линейное время, пропорциональное числу пикселей исходного изображения.

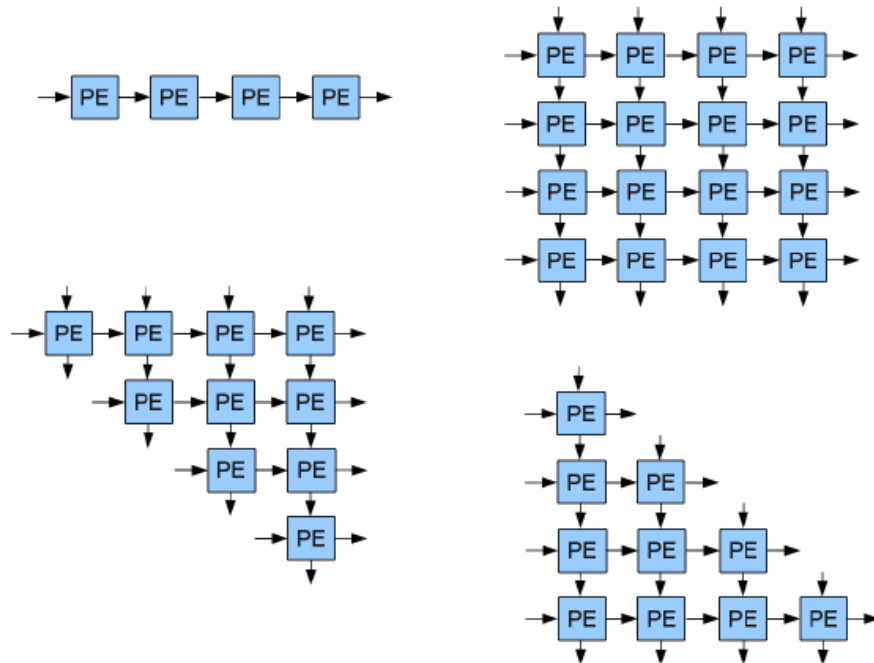
Повышение оперативности вычислений

Для повышения оперативности вычислений целесообразно реализовать автоматизированную систему классификации флюорограмм на базе технологий FPGA (field-programmable gate array).

Используя FPGA достигается баланс между процессором, выполняющим команды и функции управления, и логикой FPGA, осуществляющей обработку данных с высокой скоростью.

Использование FPGA для ускорения интегральных вычислений основано на том, что на ее основе можно создать различное количество процессорных элементов (ПЕ), выполняющих одну и ту же операцию, которые позволяют сократить общее время, необходимое для обработки изображений.

Возможные варианты соединения ПЕ



Оценка времени выполнения

Оценка суммарного времени, необходимого для обработки изображения и различного количества ПЕ

Время выполнения (μс)			
Размер изображения	1280x960	640x480	320x240
Последовательное GPU	15361	4570	1652
Последовательное FPGA	12915	3228	807
2 ПЕ	6497	1624	406
4 ПЕ	3198	799	199

Фрактальный подход к анализу изображений сводится к получению спектра мультифрактальных размерностей и вычислению на их основе параметров скрытой упорядоченности структуры изображения для каждого оптического слоя.

Модель изображения может быть представлена в виде полиномиальной зависимости параметра скрытой упорядоченности от величины размера ячейки δ .

На основе модели формируется пространство информативных признаков для создания решающего правила диагностирования и классификации флюорограмм.

Алгоритмы формирования фрактальных моделей реализованы с помощью логических функций, встроенных в ПЛИС. Тем самым обеспечивается работа системы классификации флюорограмм в реальном времени, что позволяет рекомендовать ее для скрининговой диагностики заболеваний легких.