

# Вятский государственный университет, г. Киров



## Метод быстрого сжатия изображений без потерь

*Петров Евгений Петрович, д.т.н., профессор,  
Харина Наталья Леонидовна, к.т.н, доцент,  
Сухих Павел Николаевич, аспирант*

Предложен метод сжатия цифровых изображений, отличающийся простотой реализации и отсутствием вычислительных операций на этапе предсказания. Метод включает процедуру предсказания пикселей изображения на основе теории условных марковских процессов и процедуру кодирования. Представлены результаты апробации алгоритма на реальных изображениях различных классов.

# Математическая модель двоичного изображения

Будем считать что двоичное изображение представляет марковское случайное поле размером  $m \times n$  на несимметричной полуплоскости, полученной классической разверткой с левого верхнего угла слева направо вниз (рис. 1).

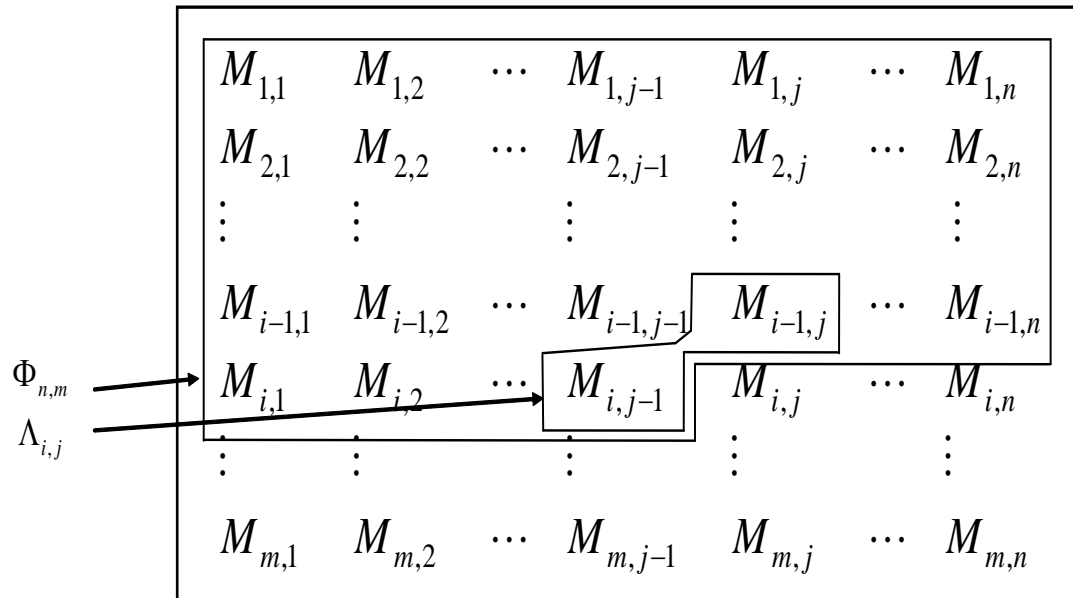


Рисунок 1

# Математическая модель двоичного изображения

Состояние элемента  $M_{i,j}$  ( $i \in m, j \in n$ ) зависит только от известных элементов некоторого подмножества  $\Lambda_{i,j}$ , называемого окрестностью элемента  $M_{i,j}$ . Лучшим образом удовлетворяющее условию каузальности является конфигурация окрестности  $\Lambda_{i,j} = \{M_{i,j-1}, M_{i-1,j}\}$  (рис. 1).

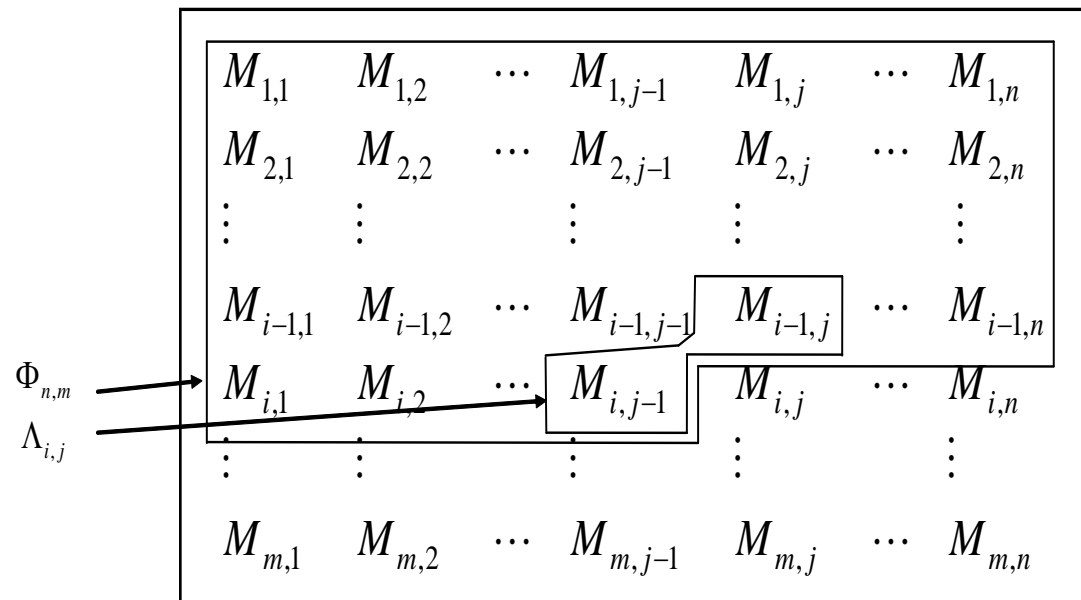


Рисунок 1.

# Математическая модель двоичного изображения

Матрицы вероятности перехода по горизонтали и вертикали:



Рисунок 2 – Окрестность предсказываемого элемента

$${}^1\Pi = \begin{vmatrix} {}^1\pi_{11} & {}^1\pi_{12} \\ {}^1\pi_{21} & {}^1\pi_{22} \end{vmatrix}, \quad {}^2\Pi = \begin{vmatrix} {}^2\pi_{11} & {}^2\pi_{12} \\ {}^2\pi_{21} & {}^2\pi_{22} \end{vmatrix}$$

Вероятности перехода от состояний элементов окрестности  $\Lambda_{i,j}$  к состоянию  $M_{i,j}$  образуют матрицу вероятности перехода вида:

$$\Pi = \begin{vmatrix} \pi_{111} & \pi_{121} & \pi_{211} & \pi_{221} \\ \pi_{112} & \pi_{122} & \pi_{212} & \pi_{222} \end{vmatrix}^T$$

# Математическая модель двоичного изображения

$$\Pi = \left\| \begin{array}{cccc} \pi_{111} & \pi_{121} & \pi_{211} & \pi_{221} \\ \pi_{112} & \pi_{122} & \pi_{212} & \pi_{222} \end{array} \right\|^T$$

$$\begin{array}{cccc} \pi_{111} = \frac{{}^1\pi_{11} \cdot {}^2\pi_{11}}{{}^3\pi_{11}} & \pi_{112} = \frac{{}^1\pi_{12} \cdot {}^2\pi_{12}}{{}^3\pi_{11}} & \pi_{121} = \frac{{}^1\pi_{11} \cdot {}^2\pi_{21}}{{}^3\pi_{12}} & \pi_{122} = \frac{{}^1\pi_{12} \cdot {}^2\pi_{22}}{{}^3\pi_{12}} \\ \pi_{211} = \frac{{}^1\pi_{21} \cdot {}^2\pi_{11}}{{}^3\pi_{21}} & \pi_{212} = \frac{{}^1\pi_{21} \cdot {}^2\pi_{12}}{{}^3\pi_{21}} & \pi_{221} = \frac{{}^1\pi_{21} \cdot {}^2\pi_{21}}{{}^3\pi_{22}} & \pi_{222} = \frac{{}^1\pi_{22} \cdot {}^2\pi_{22}}{{}^3\pi_{22}} \end{array}$$

$${}^3\Pi = {}^1\Pi \times {}^2\Pi'$$

# Результаты предсказания



Рисунок 3а – Исходное двоичное изображение

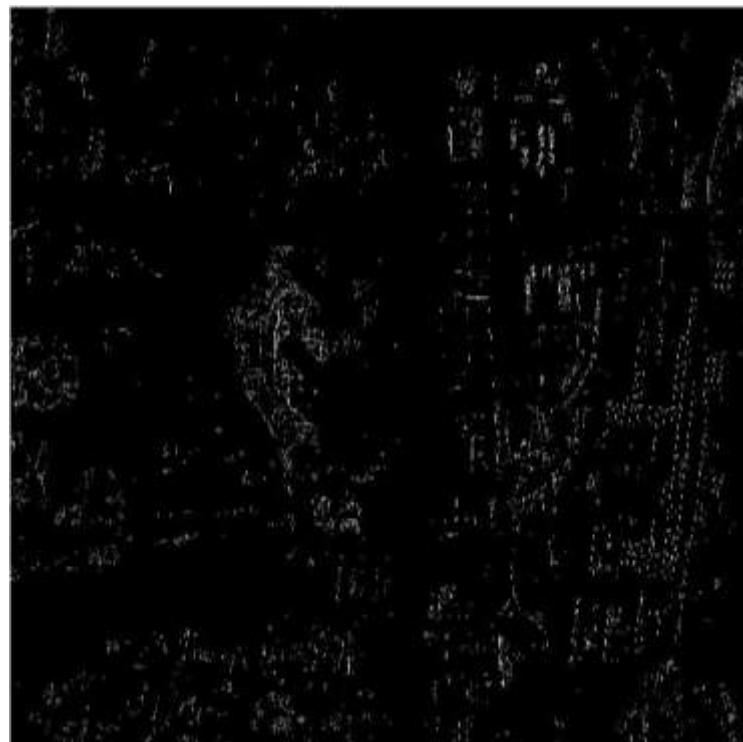


Рисунок 3б – Двоичное изображение после предсказания

# Модель монохромного изображения

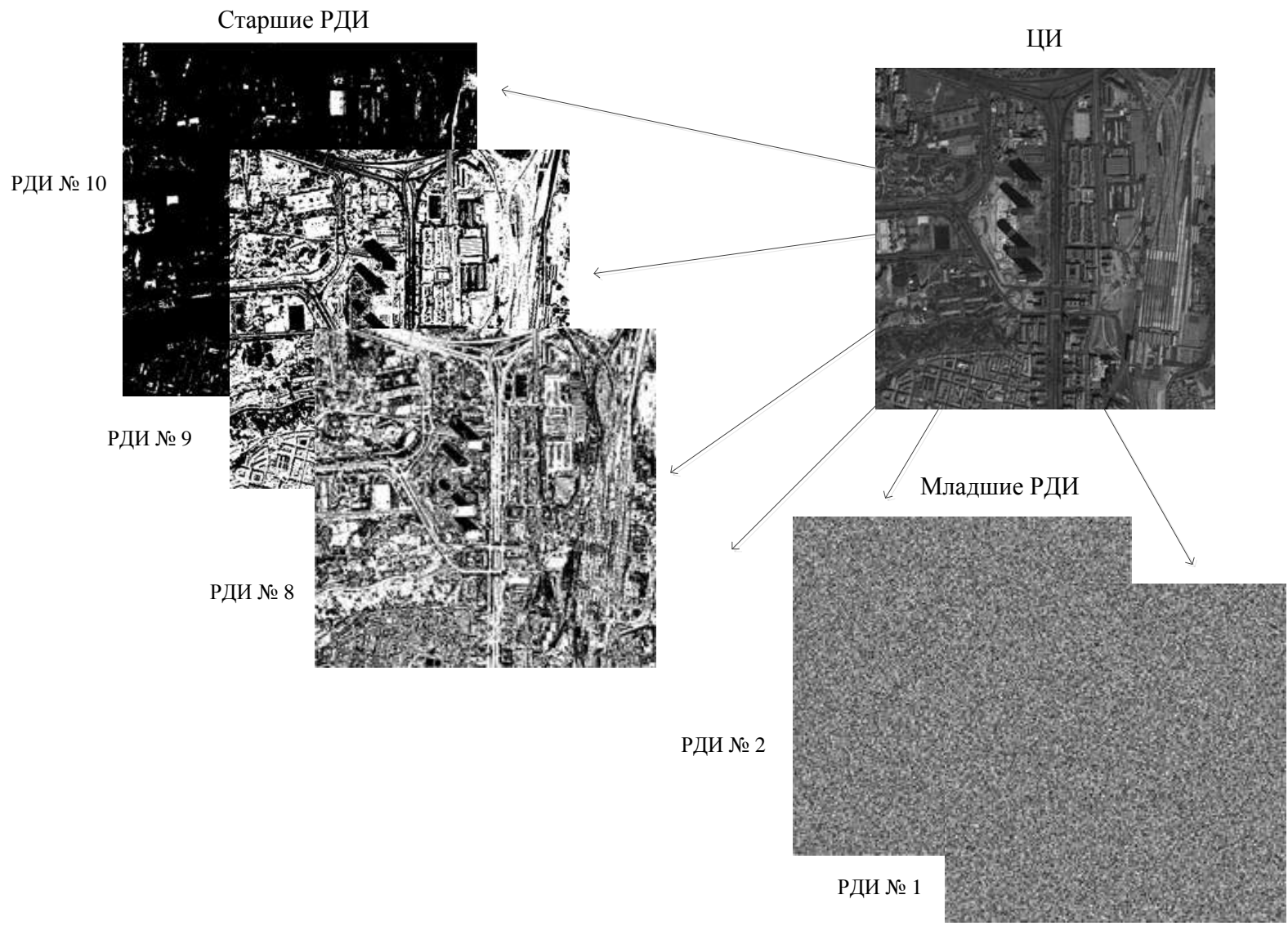


Рисунок 4

# Модель цветного изображения

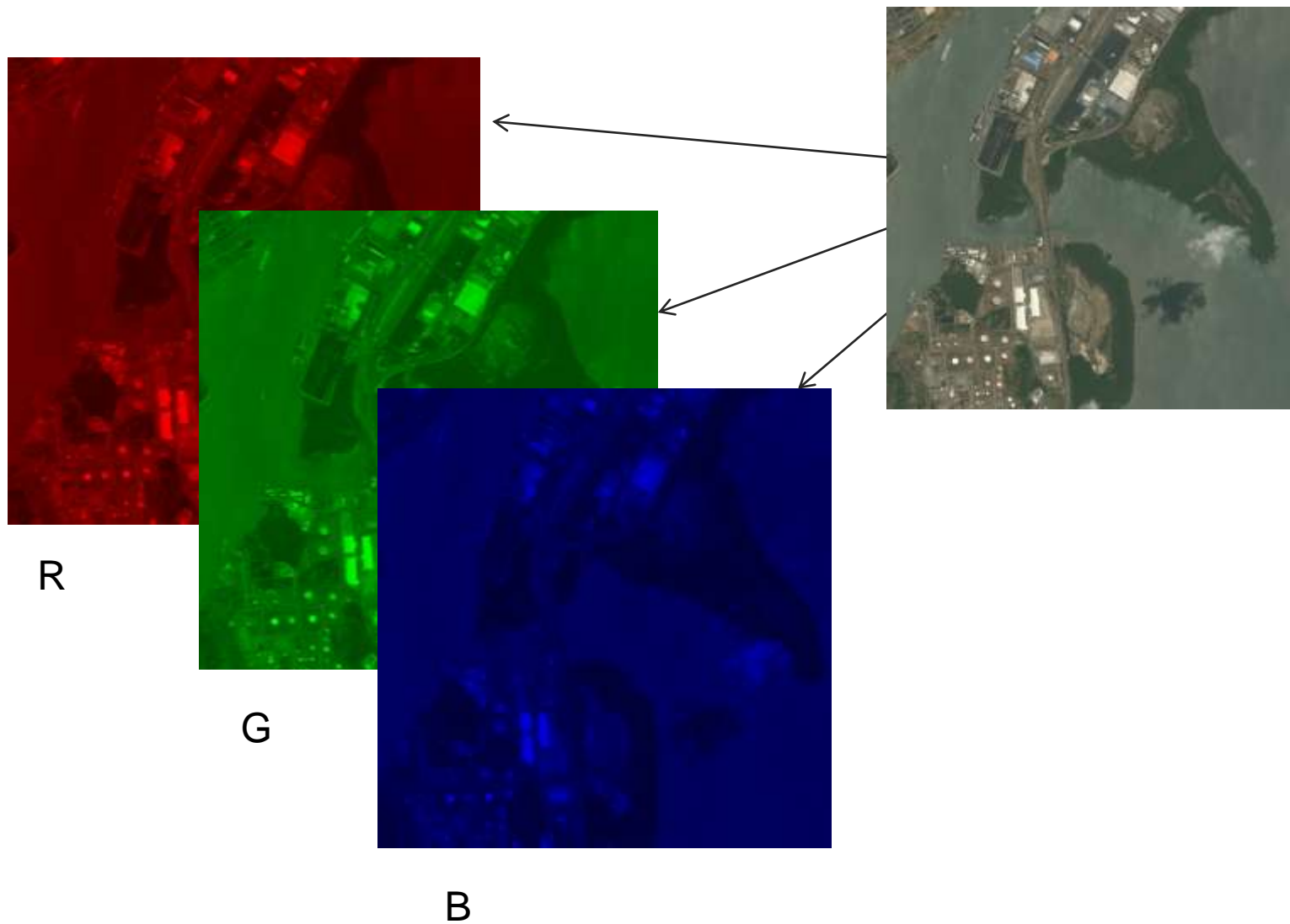


Рисунок 5



# Этап предварительной обработки

Следующие преобразования позволяют улучшить результаты предсказания:

1. Представление изображения в цветовом пространстве  $YCoCg$

$$\begin{aligned}C_o &= R - B \\t &= B + (C_o \gg 1) \\C_g &= G - t \\Y &= t + (C_g \gg 1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= Y - (C_g \gg 1) \\G &= C_g + t \\B &= t - (C_o \gg 1) \\R &= C_o + B\end{aligned}$$

2. Применение кода Грея к каждой цветовой компоненте

$$V' = V \wedge (V \gg 1)$$

# Алгоритм сжатия

1. Изображение преобразуется в цветовое пространство YCoCg;
2. Код Грея попиксельно применяется к каждой цветовой компоненте;
3. Каждая цветовая компонента разделяется на  $g$  двоичных изображений;
4. Для каждого двоичного изображения вычисляются матрицы вероятности перехода;
5. Для каждого двоичного изображения выполняется процесс предсказания: прогнозируется элемент  $\hat{M}_{i,j}$  на основе матриц вероятности перехода и окрестности  $\wedge_{i,j}$ ;
7. Двоичные изображения объединяются обратно в цветовые компоненты;
8. Каждая цветовая компонента кодируется кодом Хаффмана;
9. Полученные данные и служебная информация записываются в файл формата mrk.

# Эксперимент



Рисунок 6а – Снимок со спутника

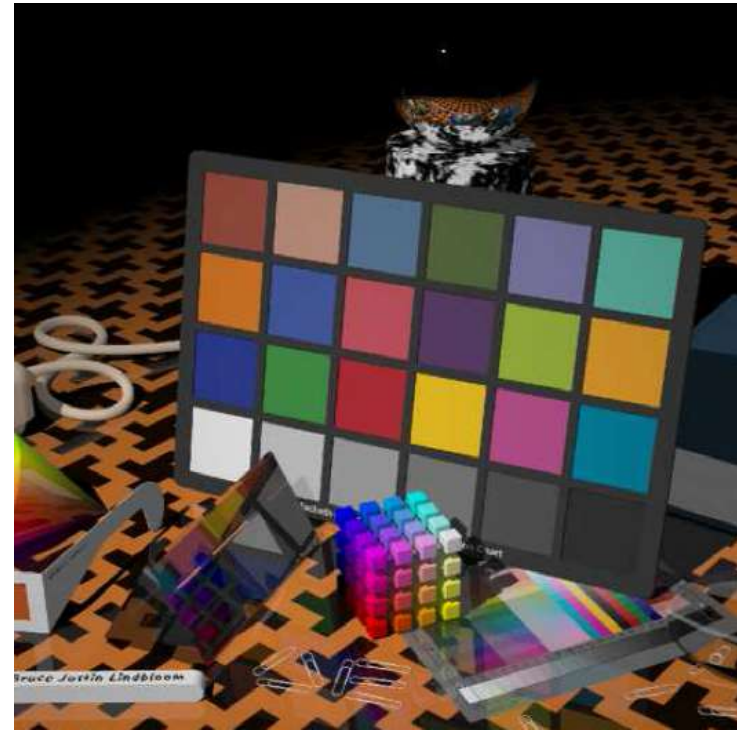


Рисунок 6б – [imagecompression.info](http://imagecompression.info)

Для исследования эффективности алгоритма произведено сжатие снимков поверхности Земли со спутника (рис. 6а), и базы изображений сайта [imagecompression.info](http://imagecompression.info) (рис. 6б). Исходное разрешение спутниковых снимков 8192x8192 пикселей, изображения с сайта [imagecompression.info](http://imagecompression.info) имеют различное разрешение в диапазоне 2000x3000 - 5000x7000 пикселей, все изображения цветные (24 бита/пиксель).

# Результаты (спутниковые снимки)

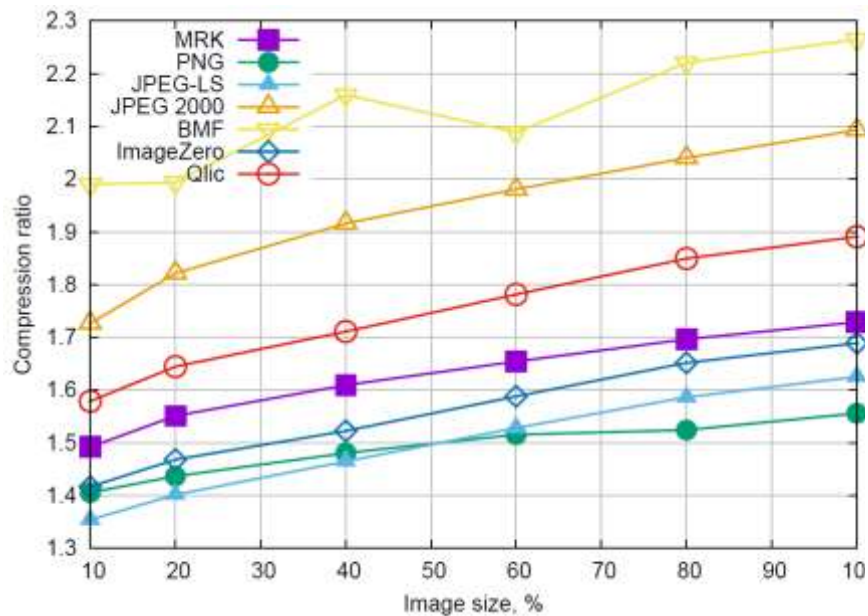


Рисунок 6а – Коэффициент сжатия

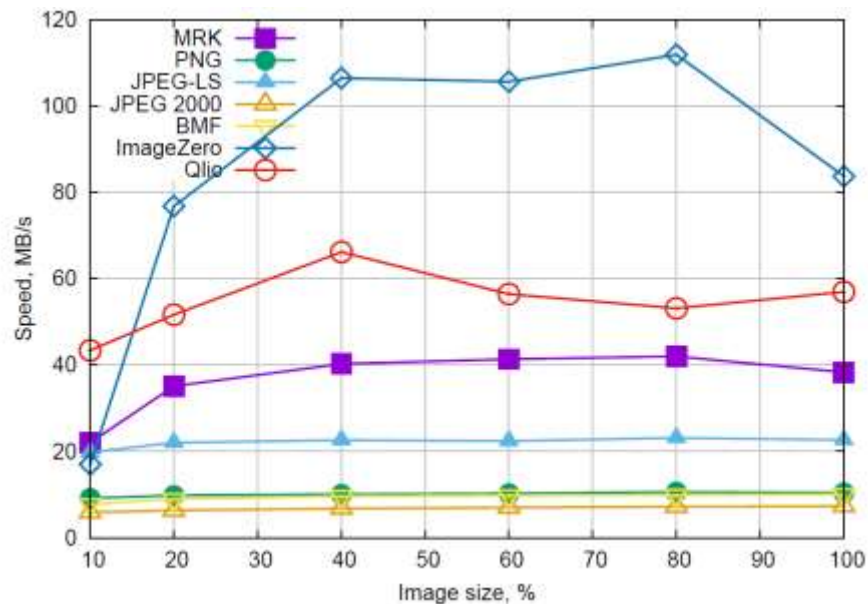


Рисунок 6б – Скорость работы

# Результаты (imagecompression.info)

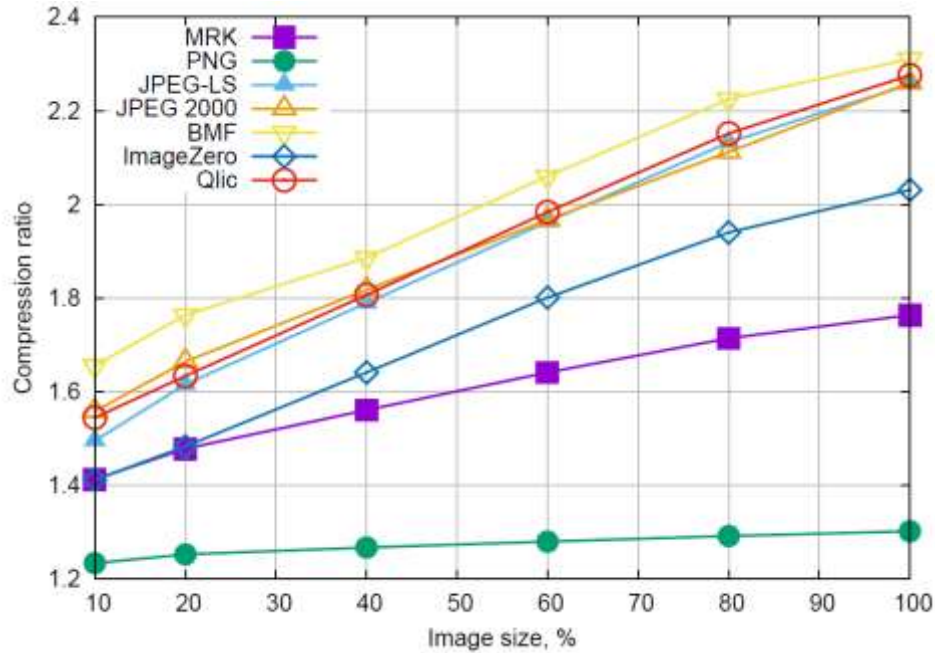


Рисунок 7а – Коэффициент сжатия

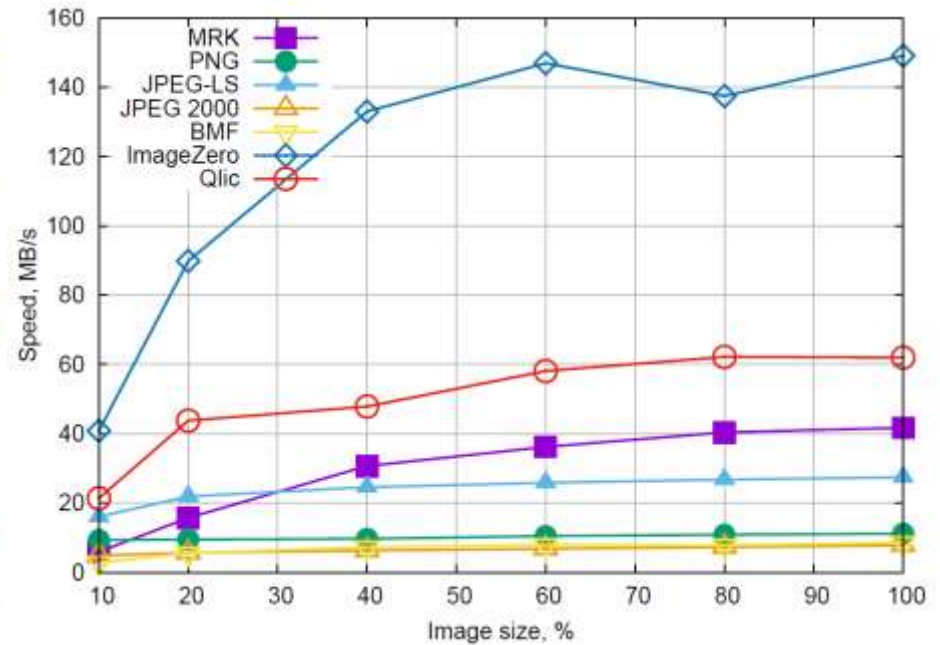


Рисунок 7б – Скорость работы