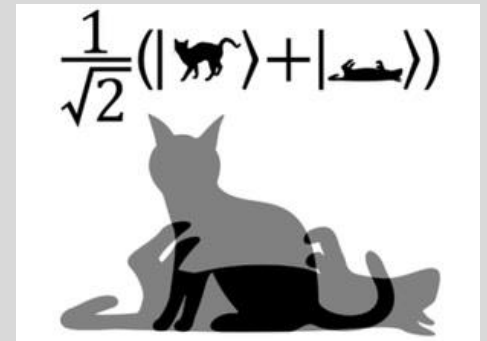


Институт космических исследований РАН



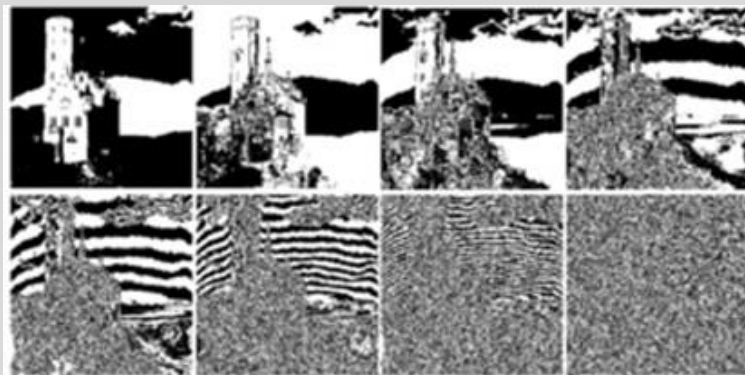
ПОТОКОВОЕ РЕШЕНИЕ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ЛОГИЧЕСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Котцов В.А



Мир вычислительных технологий на наших глазах стремительно прошел путь от арифмометра до персонального компьютера и стремится к квантовым технологиям. А есть ли другие пути решения ?

Логические операции с квантованными сигналами



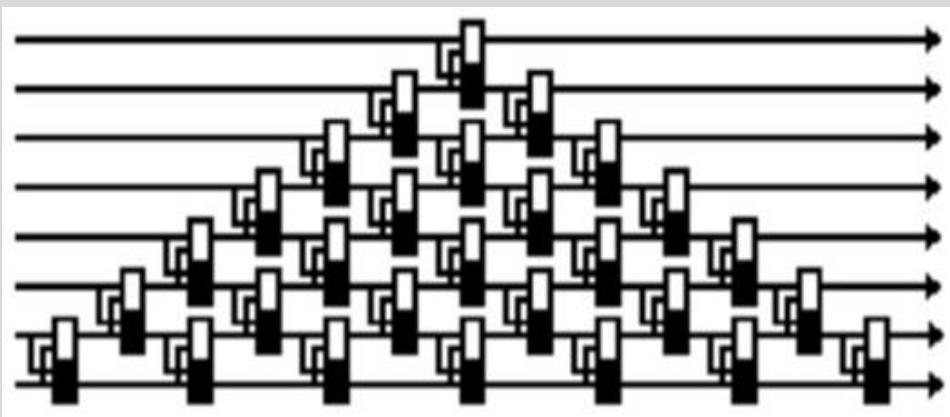
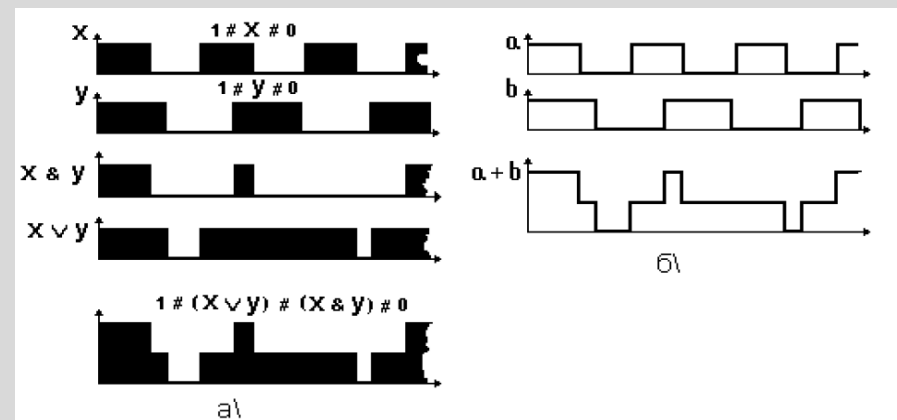
В нашем компьютере описание значений каждого пикселя по уровням получаемого полутонового изображения составляют из соответствующих разрядов их двоичного представления.

Так, десятичное значение сигнала 9_{10} будет представлено в двоичной позиционной системе, как 1001_2

Физическое представление сигнала изображения можно заменить логическом по совокупности его уровней квантования. Мы будем тогда иметь следующее 1111111_1

Процедура арифметического сложения для двух бинарных сигналов может быть представлена совмещением двух логических операций – операции логического сложения и операции логического умножения.

Математическое выражение суммы можно записать следующим образом $\omega(\Sigma) = 1 \# (x \vee y) \# (x \& y) \# 0$, где $\&$ - логическая операция **И**, а \vee - операция **ИЛИ**, как показано на правом рисунке слева.

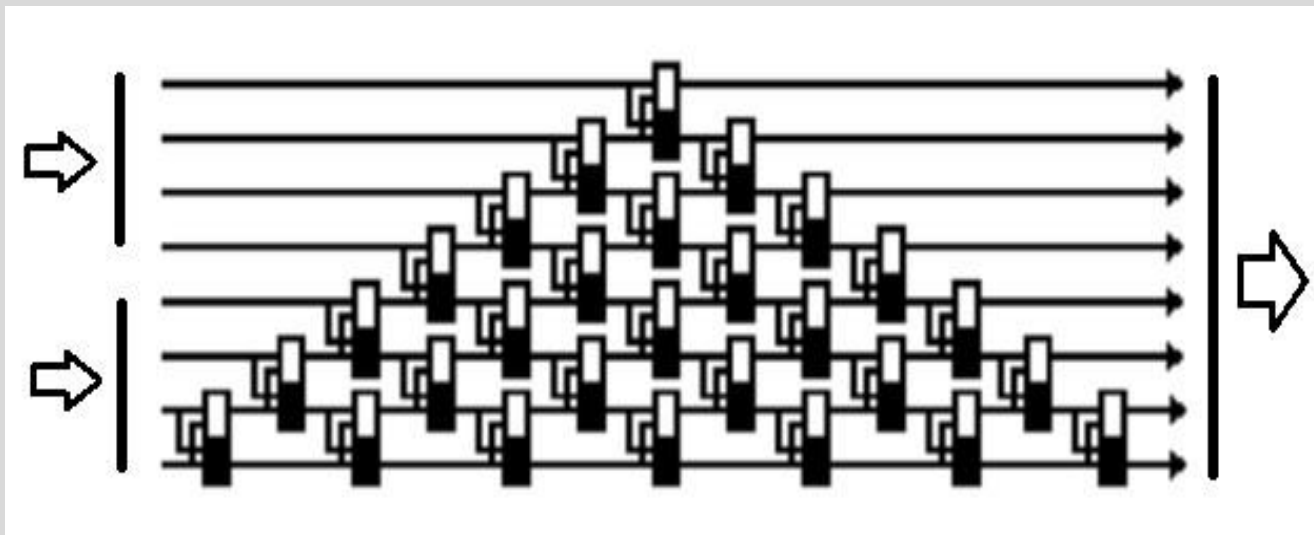


Эффективную схему сортировки бинарных значений составляющих по квантованным уровням логическими операциями предложил д.т.н. О.А. Ханджян. На левом рисунке светлые элементы **И**, а темные **ИЛИ**.

(Ханджян О.А. Линейная фильтрация, основанная на теории симметрических функций // Радиотехника и электроника, 1986, вып. 8)

Увеличение динамического диапазона логическим суммированием изображений

Светлые элементы на схеме соответствуют логическим элементам **И**, а темные элементы логическим элементам **ИЛИ**.



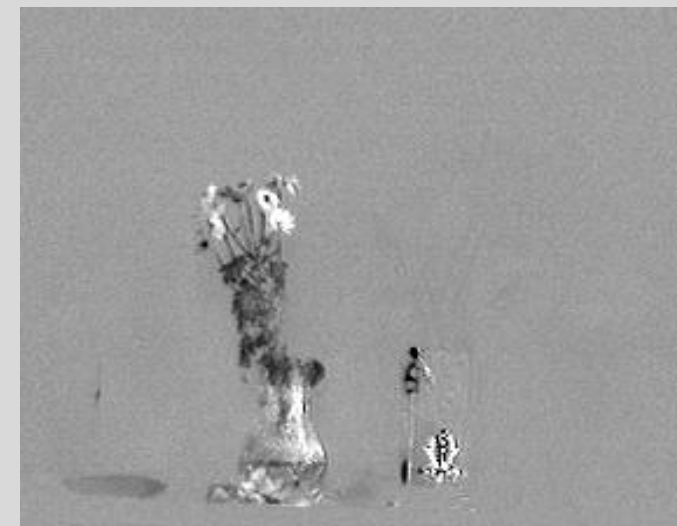
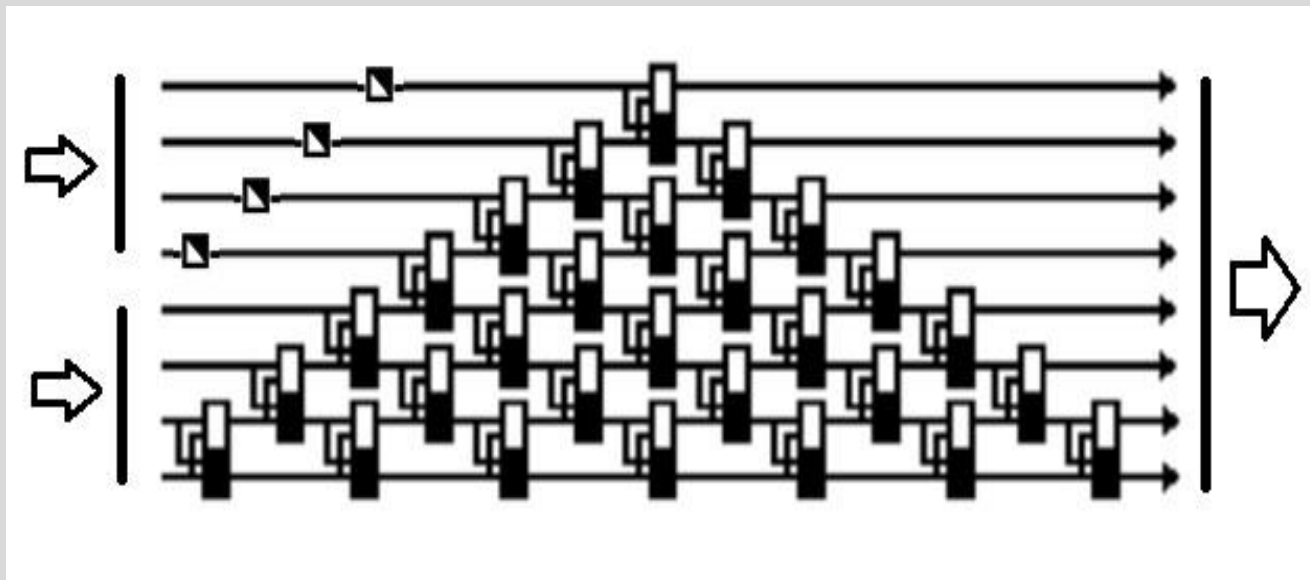
На входе два изображения с взаимно дополняющими градационными характеристиками, а на выходе суммарное изображение, как результат сортировки их составляющих по квантованным уровням.

(Котцов В.А. Способ получения изображений с увеличенным динамическим диапазоном. Патент РФ 2578799 // Б.И. 2016. № 9).

(Котцов В.А. Увеличение динамического диапазона видеосистемы логическим сложением цифровых изображений // Цифровая обработка сигналов 2019, № 3)

Нахождение изменений на двух изображениях логическим вычитанием

Светлые элементы на схеме соответствуют логическим элементам **И**, а темные элементы логическим элементам **ИЛИ**, квадратики с диагональю **НЕ**

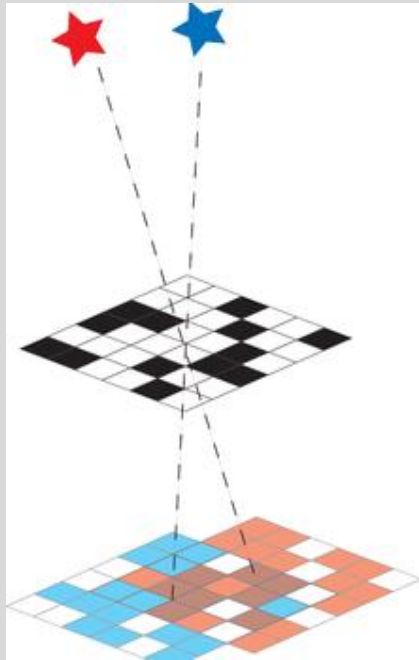


На входе два последовательно полученных изображения, а на выходе изображение их сравнения, как результат вычитания и сортировки их составляющих по квантованным уровням.

(Котцов В.А., Котцов П.В. Способ сравнения цифровых изображений. Патент РФ 2673396 // Б.И. 2018. № 33).

(Котцов В.А., Котцов П.В. Оперативное определение изменений наблюдаемой сцены логическим вычитанием цифровых изображений // Цифровая обработка сигналов № 1, 2020).

Получение изображения видеосистемой с кодированной апертурой



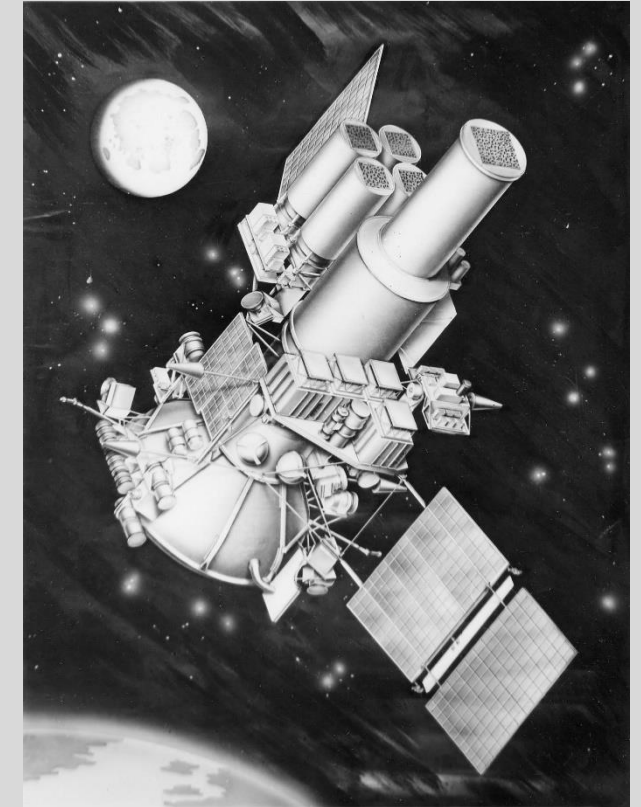
Принцип восстановления изображения в системах с кодирующей апертурой основан на том, что источники света в разных, относительно маски, положениях создают на приемнике излучения различную конфигурацию теней. Обработка положения полученных теней впоследствии позволяет восстановить изображение

Положение тени маски на детекторе зависит от направления падающего пучка излучения, то есть от положения источника в поле зрения видеосистемы.

Поэтому полный образ, регистрируемый детектором, является наложением (суперпозиция) смещенных теней от всех источников в поле зрения.

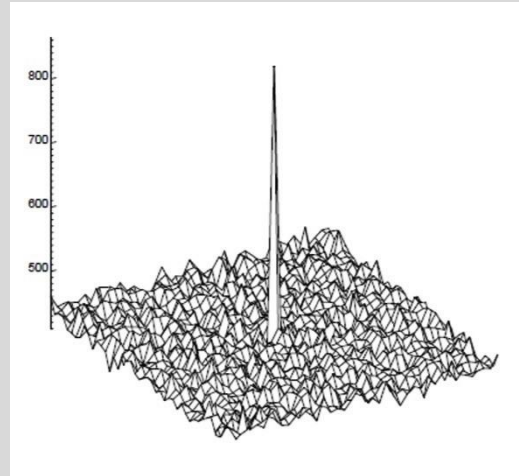
Картина, получаемая на фотоприёмнике, описывается как свёртка изображения наблюдаемого поля с матрицей распределения отверстий апертуры.

Для обеспечения разделимости наложенной видеоинформации при получении, выбор кодирующей апертуры определяется требованием минимального взаимодействия составляющих проекций. Это требование может быть сформулировано, как минимизация их корреляции.



В состав космической астрофизической обсерватории «Гранат» вошли: французский гамма-телескоп Sigma с кодированной апертурой, рентгеновский телескоп с кодированной апертурой АРТ-П и другие приборы.

Кодирующая маска и ее автокорреляционная функция



Поток источника излучения «размазывается» кодирующей апертурой практически на весь фотоприемник

$$F(k,l) = \sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} U(i,j)A(k+i,l+j) + V(k,l)$$

Математическое восстановление изображения

В рамках классического представления формирование тени определяется, как умножение матрицы пикселей изображения на матрицу, описывающую кодированную апертуру.

Наблюдаемый объект представляют в виде изотропных пикселей $U(i,j)$, его тень как матрицу пикселей $F(k,l)$, а кодированную апертуру как матрицу пропускания $A(k,l)$. Если элемент с координатами (k,l) в кодированной апертуре – это отверстие, то пропускание $A(k,l) = 1$, если экран - $A(k,l) = 0$.

С учетом шума $V(k,l)$ получим

$$U' = F * G = U + V * G$$

Положение источников может быть восстановлено корреляцией наблюдаемого образа с функцией пропускания апертурной маски.

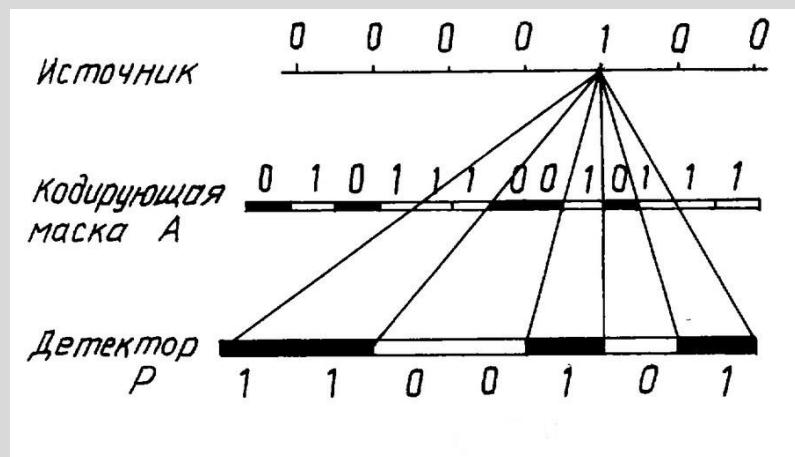
В этом случае, формулу восстановления можно представить, как:

$$\tilde{U}(i,j) = \sum_k \sum_l \sum_i \sum_j U(i,j)A(i+k,j+l)G(k+i,l+j) + \sum_k \sum_l V(k,l)G(k+i,l+j)$$

Вычисление свертки является весьма длительным процессом и по этой причине не может быть использовано при непрерывном изменении входных величин.

(Цыганков С. С. Восстановление астрономических изображений с использованием кодированной апертуры. Лабораторная работа. ИКИ РАН <http://www.astrolyceum.lpi.ru/Lab/LabIKI2.pdf>)

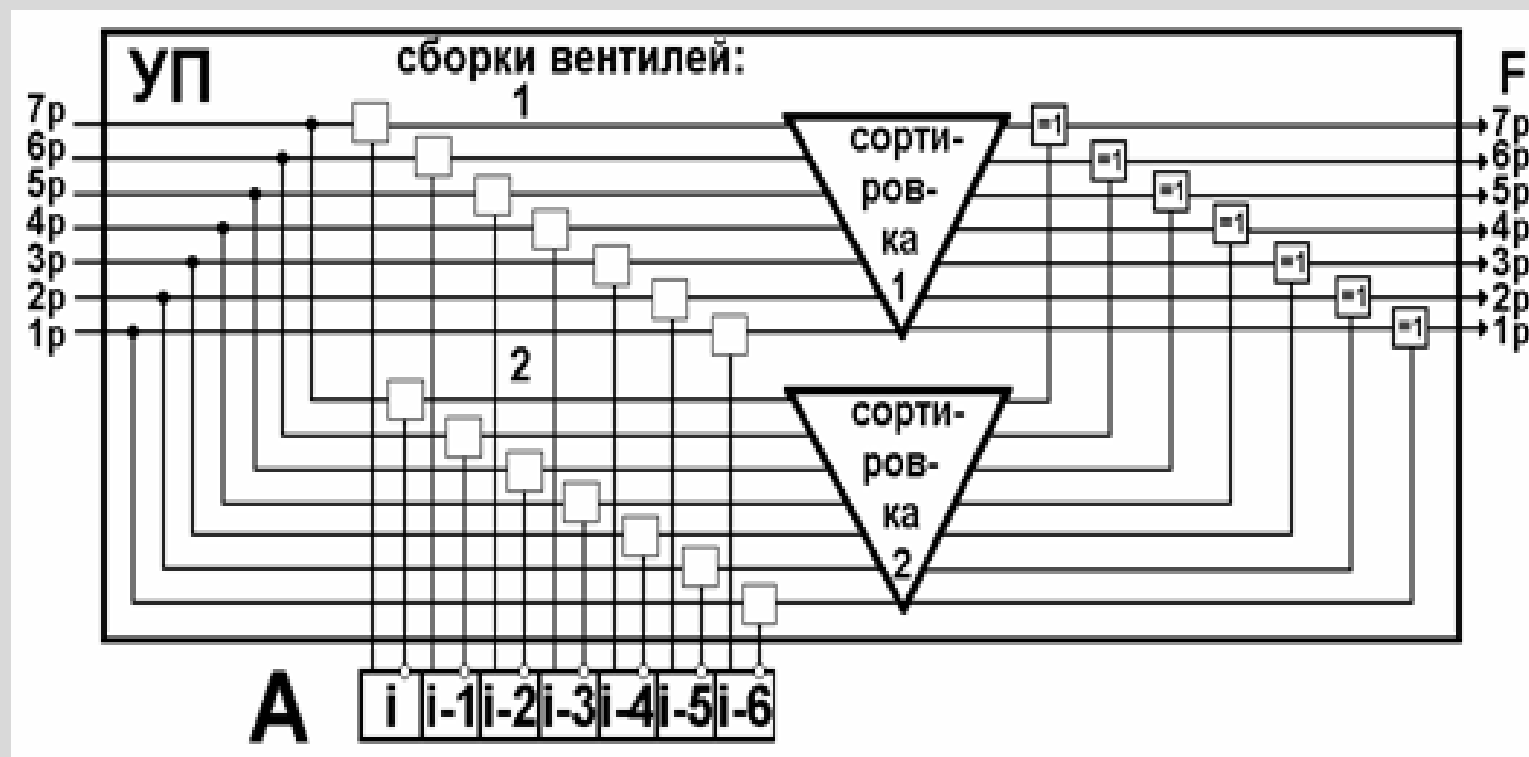
Логическое решение задачи восстановления изображения



Здесь разряды регистра А (кодирующая маска) подключены к регистрам Р (детектор) при помощи логического элемента И, а после сортировки стоит элемент **Исключительное ИЛИ**. На выходе блока восстановления результат будет представлен в позиционном коде

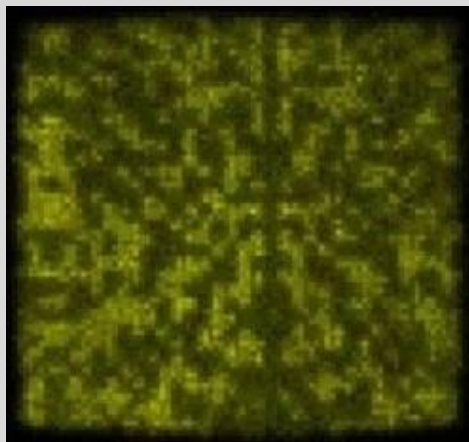
Альтернативным образом можно считать, что возбуждение детектора является результатом логической операции между сигналом поступающим от источника и кодированной апертурой.

Сортировку здесь выполняют по той же схеме с операциями И/ИЛИ, которая использована при сложении и вычитании сигналов.

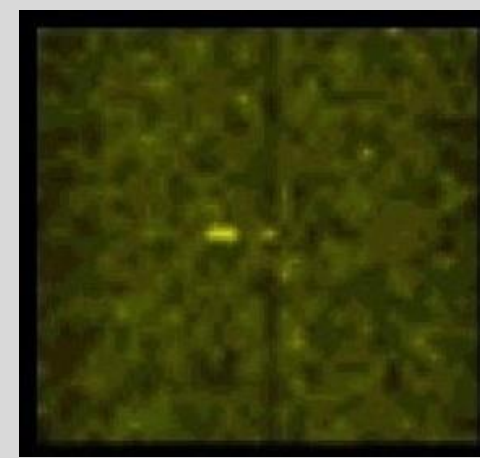
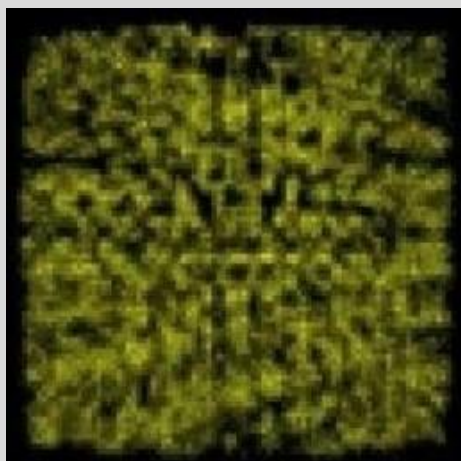


Экспериментальное сравнение применения двух способов восстановления

Для одного источника излучения



Для двух источников излучения



Изображение на детекторе

Результат вычисления

Логическое решение

Заключение

Показана возможность решения видеоинформационных задач логическими операциями.

Полутонные изображения рассматриваются в дискретизованном квантованном представлении.

Бинарное представление видеоинформации на квантованном уровне соответствует логическому.

В решении используются только простые логические операции.

Логическая обработка информации выполняется в темпе её поступления, в потоковом режиме.

Одновременная обработка на разных квантованных уровнях обеспечивает параллелизм.

Исключен старто-стопный режим запоминания и переноса данных между разрядами.

Результат логического решения сопоставим с аналитическим решением.