

КАУЗАЛЬНАЯ ДВУХЭТАПНАЯ МАРКОВСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ФОНЕ АДДИТИВНОГО БЕЛОГО ГАУССОВСКОГО ШУМА

Вишневый С. В., к.т.н.; Ляшук А. Н.; Жук С. Я., д.т.н., проф.

КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, Украина

Современные системы технического зрения формируют данные в виде цифровых изображений. При этом особенность объекта регистрации влияет на характер получаемого изображения. Например, одним из классов изображений являются изображения, объекты на которых представляют собой области с постоянными, либо слабо изменяющимися значениями яркости. Невершенство аппаратуры регистрации может приводить к наличию на изображении помех. В качестве модели помехи часто применяется модель в виде аддитивного белого гауссовского шума. Таким образом, возникает необходимость в применении алгоритмов фильтрации, полученных с учётом особенностей обрабатываемых изображений, с целью подавления помех.

Цифровое изображение, подлежащее обработке, можно представить в виде матрицы размером $N \times M$, где N — количество строк, а M — количество столбцов. Яркость элемента изображения с координатами (n, m) может быть обозначена как $x_j(n, m)$, $n = \overline{1, N}$, $m = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, L}$; L — количество дискретных уровней яркости, которые соответствуют объектам, присутствующим на изображении. Индекс j указывает какому дискретному уровню яркости относиться отсчет изображения. Обозначим через a_j постоянное значение яркости отсчетов, которые соответствуют каждому объекту на изображении. На рис.1 показан пример тестового цифрового изображения с параметрами $N = 250$, $M = 250$, $L = 4$, $a_1 = 210$ (яркость прямоугольника), $a_2 = 150$ (яркость треугольника), $a_3 = 50$ (яркость круга), $a_4 = 100$ (яркость фона). Для последующей обработки указанные яркости пересчитываются из дискретного диапазона $0 \dots 255$ к диапазону $0 \dots 1$: $a_1 = 0.8235$, $a_2 = 0.5882$, $a_3 = 0.1961$, $a_4 = 0.3922$. На рис.2 показано тестовое изображение, иска-



Рисунок 1. Пример тестового цифрового изображения

иска-

женное аддитивным белым гауссовским шумом с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением (СКО) $\sigma_v = 0.15$.

Задача фильтрации сводится к подавлению помехи и восстановлению

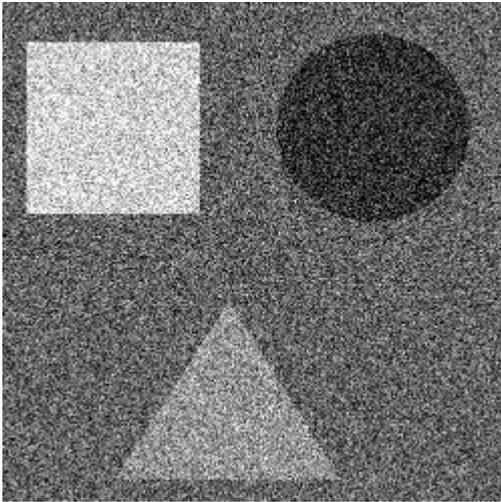


Рисунок 2. Тестовое изображение, искаженное помехой с $\sigma_v = 0.15$

искаженных значений яркости отсчетов изображения, полагая, что значения a_j , $j = \overline{1, L}$ являются известными. Значение СКО помехи также считается известным и может быть оценено по имеющимся тестовым изображениям, сформированным в соответствующей системе технического зрения.

Каузальная обработка предполагает учет отсчетов, которые находятся в «прошлом» относительно текущего элемента. Алгоритм каузальной марковской фильтрации получен

в предположении свойства условной независимости [1]:

$$P(X) = P(X_n, x_j, X_m) = p(x_j)P(X_n, X_m | x_j) = p(x_j)P(X_n | x_j)P(X_m | x_j), \quad (1)$$

где x_j — текущий отсчет изображения с координатами (n, m) ; X_n , X_m — векторы, которые содержат отсчеты изображения от начала n -й строки и от начала m -го столбца до текущей точки с координатами (n, m) и не включают её. В соответствии со свойством (1) процедура каузальной марковской фильтрации может быть разбита на два этапа. На первом этапе выполняется одномерная обработка изображения независимо вдоль строк и вдоль столбцов. На втором этапе производится объединение полученных данных и вычисляется апостериорная вероятность (АВ) $p(x_j | Y)$. По максимуму АВ определяется значение j и уровень яркости a_j отфильтрованного отсчета изображения. Алгоритм, который выполняется на первом этапе описан в [2]. Следуя методике [3], запишем АВ $p(x_j | Y)$:

$$p(x_j(n, m) | Y) = \frac{P(Y_m | x_j(n, m)) p(x_j(n, m) | Y_n, y(n, m))}{P(Y_m | Y_n, y)}, \quad (2)$$

где Y_m , Y_n — имеют вид аналогичный X_n , X_m и содержат наблюдения, искаженные помехой; $y(n, m)$ — наблюдение в текущей обрабатываемой точке; вектор Y включает в себя Y_m , Y_n , $y(n, m)$. На рис.3 и рис.4 представлены результаты фильтрации, полученные с помощью одномерного алго-

ритма при обробці вдоль строк, а також з допомогою каузального двухэтапного алгоритма.

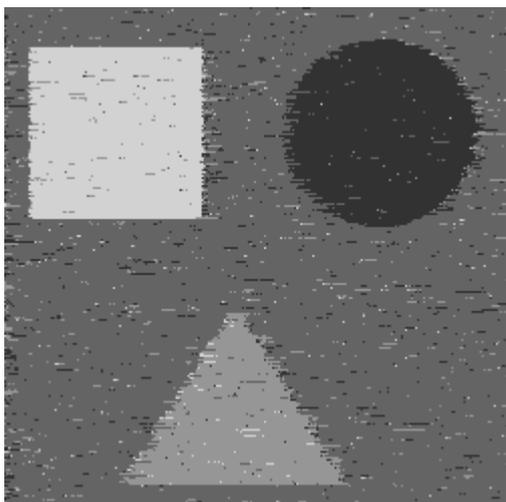


Рисунок 3. Результат фільтрація одномерним алгоритмом вдоль строк

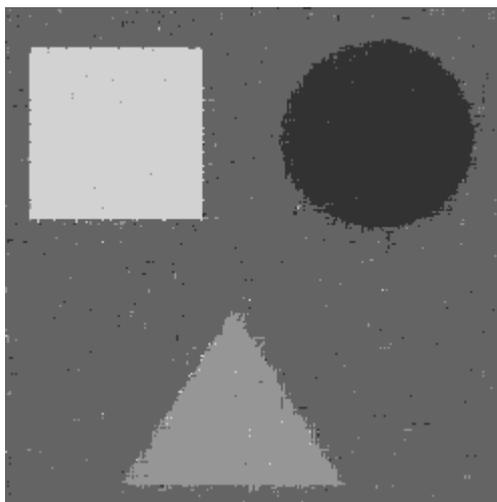


Рисунок 4. Результат фільтрація каузальним двухэтапним алгоритмом

Для рассмотренного тестового зображення, верооятність ошибки распознавания (восстановления) отсчетов изображения составила 0.068 и 0.022 соответственно при одномерной фильтрации вдоль строк и при каузальной двухэтапной фильтрации.

Перелік посилань

1. Грузман И.С. Двухэтапная фильтрация бинарных изображений / И.С. Грузман // Автометрия. — 1999. — № 3. — С. 42—49.
2. Жук С.Я. Методы оптимизации дискретных динамических систем со случайной структурой: монография / С.Я. Жук. — К.:НТУУ КПИ, 2008. — 232 с.
3. Вишневый С.В. Двухэтапная каузальная фильтрация цифровых полутоновых изображений / С.В. Вишневый, С.Я. Жук // Вісник НТУУ "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2010 — Вип. — 41. — С. 60—64.

Анотація

Виконано аналіз алгоритму каузальної двоетапної марківської фільтрації цифрових зображень із областями, що мають постійні рівні яскравості, при наявності завади у вигляді адитивного білого гаусівського шуму. Представлено результати моделювання при фільтрації тестового зображення.

Ключові слова: двоетапна фільтрація, апостеріорна імовірність.

Аннотация

Выполнен анализ алгоритма каузальной двухэтапной марковской фильтрации цифровых изображений с областями, имеющими постоянные уровни яркости, при наличии помехи в виде аддитивного белого гауссовского шума. Представлены результаты моделирования при фильтрации тестового изображения.

Ключевые слова: двухэтапная фильтрация, апостериорная вероятность.

Abstract

It is analyzed the algorithm of causal two-stage Markov filtering of digital images with regions of constant levels of intensity with presence of additive white Gaussian noise. The results of filtering of modeled test image are presented.

Keywords: two-stage filtering, a posteriori probability.