DOI: 10.17117/na.2016.04.03.320

Поступила (Received): 02.04.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.320.pdf>

Ефремов В.В., Ефремова И.Н., Емельянова Н.А. К вопросу автоматизации микробиологических исследований

Efremov V.V., Efremova I.N., Emelyanova N.A.
About automation of microbiological tests

В статье описаны разработанные способы для представления непрерывных изображений для автоматизации микробиологических исследований, основные функциональные возможности способов

Ключевые слова: оптический сигнал, дискретизация, интерполяция, квантование по уровню

This article describes the developed methods for automation of microbiological tests and their main capabilities

Key words: optical signal, spatial sampling, interpolation, amplitude quantization

Ефремов Владислав Владиславович

Старший преподаватель

Юго-Западный государственный университет
г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Efremov Vladislav Vladislavovich

Senior lecturer

Southwest state university
Kursk, 50 years of October st., 94

Ефремова Ирина Николаевна

Кандидат технических наук, доцент

Юго-Западный государственный университет
г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Efremova Irina Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Southwest state university

Kursk, 50 years of October st., 94

Емельянова Наталья Александровна

Студент

Курский государственный медицинский университет
г. Курск, ул. Карла Маркса, 3

Emelyanova Natalya Aleksandrovna

Student

Kursk state medical university
Kursk, Karl Marks st., 3

В системах технического зрения для автоматизации медицинских микробиологических исследований в качестве датчиков оптической информации используются многоэлементные матричные фотоприёмники. Изображение сцены, спроецированное на поверхность фотоприёмника, описывается функцией распределения освещённости $L(x, y)$. Процесс преобразования связан с эффектами пространственной дискретизации, которые могут привести к искажению информации за счёт частоты дискретизации, определяемой шагом фоточувствительных элементов и конечности апертуры фоточувствительных элементов. Для частот, не превышающих частоту Найквиста, эффект дискретизации сводится к влиянию конечности апертуры. Сигнал на выходе матрицы размером $N_x \times N_y$ представлен значениями $L(i, j)$, которые являются интегралами

функции распределения освещённости по апертуре (i, j) элемента. Процесс дискретизации можно описать как суперпозицию функции распределения освещённости и апертурной функции $P(x, y, i, j)$ фотоприёмника:

$$L(i, j) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} L(x, y) P(x, y, i, j) dx dy. \quad (1)$$

Если фоточувствительные элементы имеют вид одинаковых прямоугольных площадок, выражение (1) может быть представлено в виде свёртки с прямоугольной функцией, что соответствует перемножению спектра изображения на быстро затухающий спектр апертурной функции вида $\sin(\omega)/\omega$. Таким образом, апертура действует как фильтр низких частот. Из этого следует, что выборка изображения с помощью детекторов конечной апертуры эквивалентна выборке отфильтрованного изображения с использованием набора δ -функций, при этом апертурная функция детектора представляет собой импульсный отклик фильтра [3]. Вследствие фильтрации сигнал на частоте Найквиста разрешаться не будет, а допустимое падение частотно-контрастной характеристики будет наблюдаться на частотах, существенно меньших частоты Найквиста. При заданной разрешающей способности влияние конечности апертуры приводит к увеличению количества чувствительных элементов матричного фотоприёмника в 2–2,5 раза по сравнению с необходимым количеством по критерию Найквиста.

Восстановление непрерывного сигнала по дискретным отсчётам происходит в процессе интерполяции. Одним из наиболее эффективных методов интерполяции является приближение атомарными функциями [1-3]. Эффективность обусловлена с одной стороны относительной лёгкостью обращения с ними (явные формулы для значений функций, моментов, производных, Фурье-спектра), а с другой – хорошими, а иногда и наилучшими аппроксимационными свойствами. Эти свойства связаны с возможностью представления алгебраических многочленов в виде линейных комбинаций сдвигов атомарных функций.

В качестве базисных функций используются атомарные функции $fup_n(x)$. Это бесконечнодифференцируемые симметричные функции с длиной носителя $n+2$, из суммы сдвигов которых можно составить полином порядка n . Интерполяция двумерного сигнала, представленного $N_x \times N_y$ значениями равноотстоящих отсчетов, на сумму сдвигов атомарных функций происходит следующим образом:

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^{2N_x-2} \sum_{j=0}^{2N_y-2} D_{i,j} fup_{N_x-1} \left(x - i + \frac{N_x-1}{2} \right) fup_{N_y-1} \left(y - j + \frac{N_y-1}{2} \right). \quad (2)$$

Функция (2) на рабочем участке совпадает с интерполяцией глобальным полиномом [5]. Для нахождения коэффициентов $D_{i,j}$ необходимо решить систему линейных уравнений вида (2). Исходные данные состоят из значений $N_x \times N_y$ отсчетов. Дополнительные уравнения можно получить, используя априорную информацию о свойствах функции.

Производная порядка (m) по переменной x функции (2) вычисляется по формуле

$$P^{(m,0)}(x, y) = \sum_{j=0}^{2N_y-2} fup_{N_y-1} \left(y - j + \frac{N_y-1}{2} \right) \sum_{k=0}^{2N_x-2-m} D_{k,j}^m fup_{N_x-1-m} \left(x - k + \frac{N_x-1-m}{2} \right), \quad (3)$$

где

$$D_{k,j}^m = \sum_{i=0}^m C_m^i (-1)^i D_{k-i,j}. \quad (4)$$

Аналогично вычисляются производные по переменной y .

Интеграл функции (5) по двумерной области S может быть вычислен как сумма интегралов базисных функций.

$$\iint_S f(x,y) dx dy = \sum_{i=0}^{2N_x-2} \sum_{j=0}^{2N_y-2} D_{i,j} \iint_S fup_{N_x-1} \left(x - i + \frac{N_x-1}{2} \right) fup_{N_y-1} \left(y - j + \frac{N_y-1}{2} \right) dx dy \quad (5)$$

Учитывая, что (2) – свёртка, оценить спектр можно по формуле (6)

$$\hat{F}\{f(x,y)\} = \hat{F}\{D\} \cdot \hat{F}\left\{ fup_{N_x-1} \left(x + \frac{N_x-1}{2} \right) fup_{N_y-1} \left(y + \frac{N_y-1}{2} \right) \right\}, \quad (6)$$

Где $\hat{F}$ – двумерное преобразование Фурье.

Функция яркости на выходе датчика представлена интегралами по фото-чувствительным площадкам (1). В связи с этим предлагается для получения коэффициентов интерполяционного полинома использовать систему уравнений вида (8), где в левой части использовать (1), а в правой – оценку этого интеграла.

Чтобы приравнять к нулю производные, система дополняется уравнениями вида (4), где правая часть приравнивается к нулю. Моделирование показало, что при использовании системы уравнений вида (5) наилучшие результаты получаются, если, с помощью уравнений вида (6), учтены условия равенства нулю гармоник спектра, превышающих предельную частоту. Над полученным изображением можно производить описанные выше операции. Например, используя (3) можно выделить градиенты.

Интерполяция атомарными функциями проводилась как с использованием системы уравнений (2) и (4), так и предложенным способом, с использованием системы уравнений (5), (4) и (6). Для сравнения способов обработки в качестве критериев использованы значения частотно-контрастной характеристики. Оценки значений критериев выполнены с помощью программы оценки качества изображений "Imatest Studio 3.8". В качестве объекта сцены в соответствии с документацией на указанную программу используется наклонная ступенчатая мира, аналитически описываемая ступенчатой функцией. Исходными данными для интерполяции атомарными функциями были точные значения указанной функции в узлах интерполяции. Для предложенного способа в качестве исходных данных использовались интегралы по прямоугольным площадкам, моделирующим чувствительные элементы. Результаты по измерению значений частотно-контрастной характеристики, приведённые к размеру раstra, показывают, что предложенный способ имеет лучшие значения частотно-контрастной характеристики для частот, не превышающих частоту Найквиста.

Способ может использоваться также и в других приложениях [4].

Список используемых источников:

1. Буторин В.М., Ефремов В.В., Ефремова И.Н. О представлении непрерывного оптического изображения в цифровом компьютере // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2012. Т. 23. № 13-1. С. 210-215.

2. Ефремов В.В., Ефремова И.Н. О представлении непрерывного оптического изображения в цифровом компьютере // Математические методы и инновационные научно-технические разработки. Курск. 2014. С. 82-88.
3. Ефремов В.В., Ефремова И.Н. О способах цифровой обработки изображений для снижения потерь от дискретизации и квантования // Известия Юго-Западного университета. 2014. №2. С. 52-60.
4. Шнырков В.И., Ефремов В.В., Ефремова И.Н., Бочанова Н.Н. Разработка концепции информационной системы построения информационно-образовательного мультимедийного интерактивного пространства // Известия ЮЗГУ. 2012. №2-3. С. 16-20.

© 2016, Ефремов В.В., Ефремова И.Н.,
Емельянова Н.А.

К вопросу автоматизации
микробиологических исследований

© 2016, Efremov V.V., Efremova I.N.,
Emelyanova N.A.

About automation of microbiological tests