Общероссийский математический портал

Е. Ю. Чекотило, П. К. Кузнецов, Влияние вида изображения и погрешности цифрового представления информации на точность измерения характеристик движения яркостных полей, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2005, выпуск 38, 172–174

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu399>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.197.130.99

26 апреля 2023 г., 13:22:01

Итак, условие (4) позволяет, без интегрирования исходных уравнений движения (1), приближенно определить области значений геометрических параметров сферически-конической капсулы, при которых ее движение будет устойчивым.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ярошевский В. А. Движение неуправляемого тела в атмосфере. М.: Машиностроение, 1978. 168 с.

Поступила 31.05.2005 г.

УДК 681.3

Е. Ю. Чеботило, П. К. Кузнецов

ВЛИЯНИЕ ВИДА ИЗОБРАЖЕНИЯ И ПОГРЕШНОСТИ ЦИФРОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ЯРКОСТНЫХ ПОЛЕЙ

Исследовано влияние статистических свойств изображения и погрешности цифрового представления информации на точность цифровой обработки движущихся изображений.

Необходимость определения скорости движения яркостных полей в реальном времени возникает при создании оптикоэлектронных систем различного назначения: наведение и обнаружение движущихся объектов, информационного обеспечения навигации летательных и космических аппаратов, компенсации смаза изображения при аэрофотосъемке, систем контроля прокатывания металла и т. п.

Известные методы определения скорости движения яркостных полей можно подразделить на три основные группы: экстремально-корреляционные, счетно-импульсные, градиентные.

Наиболее предпочтительным является метод функциональных преобразований. Этот метод для движения любой сложности позволяет устанавливать связь (уравнения функциональной связи (ФС)) измеримых характеристик двух последовательных во времени кадров изображения с параметрами движения его элементов и тем самым получать способы определения скорости движения изображения.

Однако при всей универсальности данного метода и здесь не удастся избежать погрешностей самого различного характера.

В процессе формирования и преобразования изображение (яркостное поле) подвергается действию многих искажающих факторов: шумов, линейных искажений, погрешности цифрового представления информации. Кроме того, дополнительную погрешность в данные вносят некоторые процедуры обработки изображения (в первую очередь — процедуры сжатия данных).

Вероятностная модель изображений. Для получения оценки погрешностей необходимо четко описать структуру изображения. Для этой цели широко используются математические модели случайных двумерных последовательностей. Причем такими моделями могут быть описаны как аэрофотоснимки различных участков поверхности земли, так и синтезированные случайные поля.

Так как рассматриваемые поля случайны, их особенности проявляются при изучении свойств совокупности реализации или всего ансамбля. Поскольку ансамбль — вероятностный, то характеристики случайного поля также вероятностны. Можно ограничиться числовыми характеристиками случайного поля: средним значением μ_f , дисперсией σ_f^2 и корреляционной (автокорреляционной) функцией B_f . Для дискретного представления данных имеем:

$$\mu_f \approx \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1=1}^{N_1} \sum_{k_2=1}^{N_2} f(k_1, k_2),$$

$$B_f(n_1, n_2) \approx \frac{1}{(N_1 - n_1)(N_2 - n_2)} \times \sum_{k_1}^{N_1 - n_1} \sum_{k_2}^{N_2 - n_2} (f(k_1, k_2) - \mu_f)(f(n_1 + k_1, n_2 + k_2) - \mu_f), (1 \leq n_1 \leq N_1, 1 \leq n_2 \leq N_2).$$

Преобразование Фурье случайного стационарного поля $B_f(n_1, n_2)$ — спектральная плотность мощности (энергетический спектр) имеет вид:

$$\Phi_f(e^{i\omega_1}, e^{i\omega_2}) = \sum_{n_1=-\infty}^{\infty} \sum_{n_2=-\infty}^{\infty} B_f(n_1, n_2) e^{-i\omega_1 n_1 - i\omega_2 n_2},$$

$$B_f(n_1, n_2) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \Phi_f(e^{i\omega_1}, e^{i\omega_2}) e^{i\omega_1 n_1 + i\omega_2 n_2} d\omega_1 d\omega_2.$$

По энергетическому спектру поля можно восстановить спектр непрерывного первоначального сигнала, а сам непрерывный сигнал (в нашем случае изображение) — по дискретному. Прямое преобразование Фурье определяет спектр непрерывного сигнала, а обратное преобразование дает представление сигнала через спектр. Преобразование ведется в предположении, что функция Φ_f ограничена и абсолютно интегрируема на интервале $(-\infty, \infty)$.

Погрешности дискретного представления изображений. Реальное «физическое» изображение является функцией непрерывных пространственных координат. В компьютере обрабатывается его дискретный аналог, матрица — цифровое изображение. Оно, как уже отмечалось, лишь приближенно соответствует непрерывному изображению. Несоответствие обусловлено погрешностями, которые вносятся в данные в процессе преобразования в цифровую форму [1].

Выделяют две основные процедуры преобразования изображений в цифровую форму: дискретизация (по пространственным координатам) и квантования по уровню (яркости). При определении погрешностей этих преобразований изображения описываются моделью стационарного случайного поля.

Оценка погрешности квантования параметра по уровню. Операцию аналого-цифрового преобразования (дискретизации непрерывной величины по уровню) часто называют квантованием [2]. Число уровней квантования при условии, что значение функции яркости лежат в интервале $[f_{\min}, f_{\min} + A]$, равно

$$Q = \left\lceil \frac{A}{\Delta f} \right\rceil.$$

В практических задачах обработки изображений величина Q варьируется в широких пределах от $Q = 2$ («бинарные» или «черно-белые» изображения) до $Q = 2^{10}$ и более, как в рассматриваемом в настоящей работе случае (практически непрерывные значения яркости).

Ошибка квантования по уровню ε_f — величина случайная, так как преобразуемая функция яркости f — случайная величина.

Среднеквадратичная ошибка квантования имеет вид:

$$\varepsilon_{fkb} = \frac{\sqrt{3}\sigma_f}{2^b},$$

где σ_f — дисперсия; $2^b = Q$ — число уровней квантования.

В данной работе анализируются цветные изображения, поэтому величина Q принимает значения $Q \geq 2^{20}$.

Отношение средней мощности сигнала к средней мощности шума квантования составляет

$$d^2 = \frac{\sigma_f^2}{\varepsilon_{fkb}^2} = \frac{2^{2b}}{3} = \frac{2^{40}}{3} \approx 3 \cdot 10^{11},$$

т. е. погрешностью квантования можно пренебречь.

Оценка погрешности дискретизации по пространственным координатам. Погрешность дискретизации изображения зависит от следующих факторов:

– величины шагов дискретизации Δ_1, Δ_2 ;

- статистических свойств изображения;
- способа восстановления непрерывного изображения.

Шаги дискретизации выбираются одинаковыми таким образом, что мы имеем квадратное окно анализа Δ с границей $\Gamma(\Delta)$.

Все интервалы эквиваленты, и при анализе достаточно рассмотреть один из них. Среднеквадратичная погрешность по всему полю определяется через усредненную дисперсию. Так как поле стационарно, усреднение достаточно выполнить по одному интервалу. Для квадрата среднеквадратичной погрешности имеем:

$$\varepsilon_{xkb}^2 = \frac{1}{\Delta^2} \int_0^\Delta \int_0^\Delta \sigma_\varepsilon^2(n_1, n_2) dn_1 dn_2.$$

Была рассмотрена «первичная» погрешность цифрового представления изображения, которая возникает при квантовании и дискретизации. Изображение подвергается действию еще многих искажающих факторов. Это действие может быть выражено введением дополнительной погрешности. Если считать, что все искажающие факторы статистически независимы, то итоговая оценка получается суммированием всех составляющих.

Окно анализа Δ выбирается исходя из вышеизложенных оценок. На множестве функций распределения освещенности (яркости) $E(\vec{X}, t)$, определенных в данном окне, задается функционал $\Phi(t)$ вида:

$$\Phi(t) = \iint_{\Delta} K(\vec{X}) U(E(\vec{X}, t)) ds.$$

Вычисляется полная производная по времени от функционала $\Phi(t)$ и после элементарных преобразований получается уравнение функциональной связи (ФС), связывающее идентифицируемые параметры движения носителя с измеримыми характеристиками изображения [3]. В получении ФС – уравнений и заключается метод функциональных преобразований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виттих В. А., Сергеев В. В., Сойфер В. А. Обработка изображений в автоматизированных системах научных исследований. М.: Наука, 1982. 353 с.
2. Сойфер В. А. Методы компьютерной обработки изображений. М.: Физматлит, 2003. 784 с.
3. Абакумов А. М., Кузнецов П. К., Мишин В. Ю., Семавин В. И. Система определения вектора скорости движения изображения со случайным распределением яркостей // Механизация и автоматизация управления. Киев: 1984. № 1. С. 44–47.

Поступила 13.09.2005 г.