

УДК 681.324

Ускоренный алгоритм оценивания сдвигов и поворотов изображений на последовательности кадров*

К.В. Павский

Описывается модель межкадровых смещений и псевдоградиентный алгоритм оценивания сдвигов и поворотов изображений на последовательности кадров. Предложен ускоренный алгоритм, в основе которого лежит псевдоградиентный алгоритм. Показана эффективность сходимости ускоренного последовательного псевдоградиентного алгоритма оценивания сдвигов и поворотов изображений на последовательности кадров.

Ключевые слова: межкадровые смещения изображений, оценивание сдвигов и поворотов изображений, ускоренный псевдоградиентный алгоритм.

1. Введение

Межкадровые смещения изображений возникают из-за меняющегося от кадра к кадру взаимного пространственного положения сюжета и приемника. Термин «смещение» здесь понимается как геометрическое искажение или преобразование общего вида [1 – 4]. Это может быть и параллельный сдвиг, сдвиг с поворотом, изменение масштаба и т.д.

При решении некоторых задач обработки изображений межкадровые смещения являются только мешающими параметрами, их значения сами по себе не представляют интереса. В других же задачах оценка смещения может быть основной целью обработки (например, оценивая смещения радиолокационных изображений облачности, можно составить поле скоростей ветра).

2. Постановка задачи

Для задания модели межкадровых смещений вводится изображение $F(u, v, n)$, заданное на некоторой непрерывной области D плоскости [1 – 4]. Каждый кадр X^n представляет собой отсчёты этого изображения в узлах сетки Ω_n , которая в каждый момент времени $n=1, 2, \dots$ может иметь свою форму и положение. На рис. 1 показаны два таких положения для X^n и X^{n+1} с плавно меняющейся неоднородностью. Сетки могут меняться в размерах, однако по-прежнему будут обозначаться (i, j) , $i=1, M$, $j=1, N$. Другими словами, отсчёт x_{ij}^n имеет координаты (i, j) в системе координат сетки Ω_n .

Переход от кадра X^n к кадру X^{n+1} сопряжён, таким образом, со сменой системы координат от Ω_n к Ω_{n+1} . Под совмещением изображения X^{n+1} с X^n будем понимать нахождение преобразования системы координат Ω_{n+1} в Ω_n .

Предполагается, что вид преобразования координат известен:

* Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант № НШ-2175.2012.9).

$$\begin{cases} u = u(i, j, \bar{\alpha}) \\ v = v(i, j, \bar{\alpha}) \end{cases}, \quad (1)$$

где (i, j) – координаты отсчётов y_{ij} в системе Ω_{n+1} ; (u, v) – координаты этих же отсчетов в системе Ω_n и $\bar{\alpha}$ – вектор параметров преобразования (смещения). Если имеется только параллельный сдвиг изображений (и сеток), то

$$\begin{cases} u = i + h \\ v = j + g \end{cases},$$

где $\bar{\alpha} = \bar{\alpha}(h, g)$ – вектор сдвига. Для повернутых изображений преобразования задаются в виде

$$\begin{cases} u = i \cos \psi - j \sin \psi + h, \\ v = i \sin \psi + j \cos \psi + g. \end{cases} \quad (2)$$

В этом случае $\bar{\alpha} = \bar{\alpha}(h, g, \psi)$.

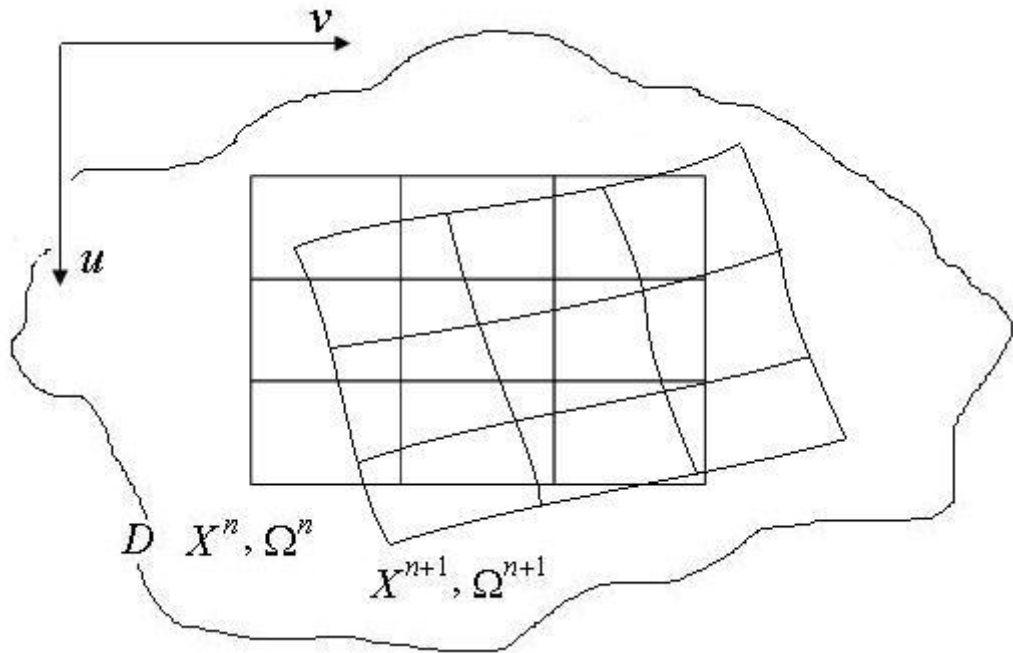


Рис. 1. Смещение кадра

На основе построенной модели смещений (1) рассматривается задача измерения смещений: требуется оценить вектор параметров смещений $\bar{\alpha}$ между двумя изображениями X^n и X^{n+1} .

Одной из возможных таких более простых оценок является «компенсационная оценка». Предполагаем, что $F(u, v, n)$ медленно изменяется как функция от n , т.е. сюжет на соседних кадрах изменяется незначительно. Это предположение приемлемо, если кадры идут с достаточно высокой частотой. Пусть, кроме того, $F(u, v, n)$ допускает хорошую интерполяцию между узлами сетки Ω_n , как функция (u, v) . При этих предположениях можно ожидать хорошее качество оценки

$$J(\bar{\alpha}) = \frac{1}{K} \sum_{ij} [y_{ij} - \hat{y}_{ij}(\bar{\alpha})]^2 = \min, \quad (3)$$

где $\hat{y}_{ij}(\bar{\alpha}) = x_{u(i,j,\bar{\alpha}),v(i,j,\bar{\alpha})}$ – интерполированное значение сеточного изображения X^n в точку $(u(i,j,\bar{\alpha}),v(i,j,\bar{\alpha}))$, получающуюся из (i,j) преобразованием (2).

3. Псевдоградиентный алгоритм оценки сдвигов и поворотов

Для оценки межкадровых сдвигов и поворотов использован псевдоградиентный алгоритм [1 – 4]. В алгоритме оцениваются три параметра: сдвиги по вертикали – h , горизонтали – g и угол поворота – ψ , т.е. параметры преобразования (2). Интерполированное значение $\hat{y}_{ij}(\bar{\alpha})$ в (3) находится с помощью билинейной интерполяции

$$F(u,v,n) = F(k+p,l+q,n) = \\ = (1-p)[(1-q)F(k,l,n) + qF(k,l+1,n)] + p[(1-q)F(k+1,l,n) + qF(k+1,l+1,n)],$$

где $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, т.е. для интерполяции в точку (u,v) используются четыре ближайших к (u,v) точки изображения X^n . Изображение может проходиться двумя способами: треугольной развёрткой или в случайном порядке. Таким образом кадр X^{n+1} со значениями x_{ij}^{n+1} ($i = \overline{1,N}$, $j = \overline{1,M}$) может быть представлен как кадр Z^{n+1} со значениями z_k^{n+1} ($k = \overline{1, M \cdot N}$). Начальные значения параметров (h,g,ψ) выбираются нулевыми; далее применяется знаковый алгоритм:

$$\alpha_m = \alpha_{m-1} + \mu_m \Delta_m(\alpha_{m-1}) \text{sign}(\nabla f(z_m, \alpha_{m-1})), \quad (4)$$

где $\Delta_m = z_m - \tilde{z}_m$ ($\tilde{z}_m$ – предсказанное местоположение кадра z_m); $f(z_m, \alpha_{m-1})$ – функция прогноза. Коэффициенты μ_m взяты в виде гармонического ряда $\mu_m = a/(1+b_m)$, т.е. убывают, т.к. в решаемой задаче оценки параметров $\alpha_m = \alpha_m(h,g,\psi)$ предполагается существование постоянного для пары кадров X^n , X^{n+1} набора $\bar{\alpha}_m^*$.

4. Ускоренный последовательный псевдоградиентный алгоритм оценки сдвигов и поворотов изображений на последовательности кадров

Суть алгоритма заключается в следующем: случайным образом выбираются i точек и для каждой точки k ($k = \overline{1...i}$) ищем $\nabla f(z_{m(k)}, \alpha_{m-1})$, далее полученные значения усредняются и затем для усредненного градиента функции прогноза используется рекуррентный алгоритм (4). Показатели улучшения сходимости для i усреднённых градиентов функции прогноза ($i = \overline{1...5}$) при разных смещениях кадра приведены на рис.2. Эксперименты показали, что ускорение заметно падает, начиная с $i = 4$.

Можно сделать вывод, что для получения заметно ускоренной сходимости (по времени) последовательного псевдоградиентного алгоритма (5) с оценкой (3) необходимо брать усреднение $\nabla f(z_m, \alpha_{m-1})$ по двум или трём случайно выбранным точкам.

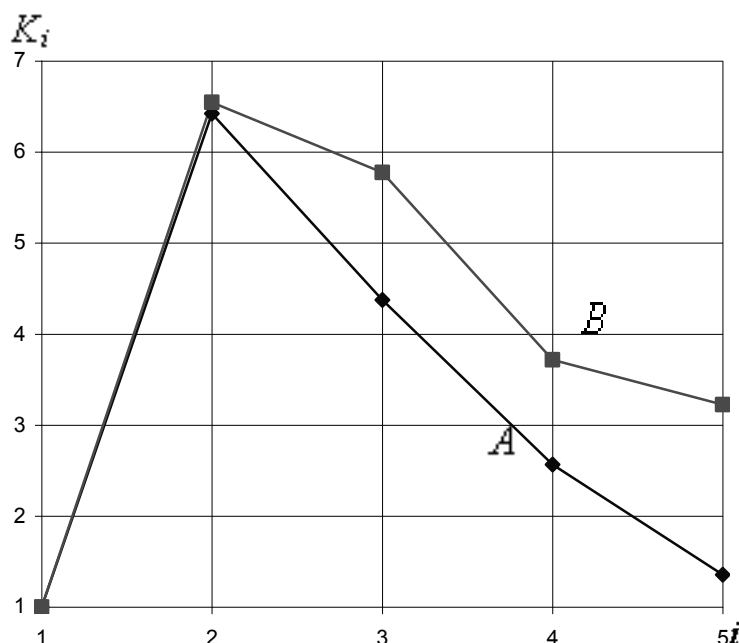


Рис. 2. Коэффициент ускорения сходимости последовательного алгоритма оценивания сдвигов и поворотов на последовательности кадров при усреднении по i точкам.

A: $\bar{\alpha} = (-2, -1, -0.6)$, $J(\bar{\alpha}) \approx 0.01099$;

B: $\bar{\alpha} = (1, 1, 0.5)$, $J(\bar{\alpha}) \approx 0.01037$

4. Заключение

Реальные информационные системы характеризуются очень большими скоростями поступления данных. Это обуславливает актуальность создания новых алгоритмов межкадровых геометрических деформаций изображений (например, оценивания сдвигов и поворотов на последовательности кадров), ориентированных на реализацию в реальном времени [5]. Для изображений больших размеров перспективным является построение алгоритмов на базе псевдоградиентных процедур [6, 7]. Связано это с тем, что псевдоградиентные процедуры рекуррентны, сочетают хорошие точностные характеристики с высоким быстродействием, не требуют предварительной оценки параметров исследуемых изображений и применимы к обработке изображений с плавно меняющейся неоднородностью. Формируемые ими оценки параметров устойчивы к импульсным помехам и сходятся к точным значениям при довольно слабых условиях.

В работе описана модель межкадровых смещений и псевдоградиентный алгоритм оценивания сдвигов и поворотов изображений на последовательности кадров [1 – 4]. Предложен ускоренный алгоритм, в основе которого лежит псевдоградиентный алгоритм. Эксперименты показали эффективность исполнения программы на основе ускоренного алгоритма в сравнении с обычным в 2 – 6 раз.

Литература

1. Васильев К.К., Крашенинников В.Р. и др. Прикладная теория случайных процессов и полей. Под редакцией К.К. Васильева и В.А. Омельченко. - Изд-во - Ульяновский государственный технический университет, 1995. - 256 с.
2. Крашенинников В.Р. Основы теории обработки изображений: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 150 с.
3. Ташлинский А.Г. Оценивание параметров пространственных деформаций последовательностей изображений / Ульяновский государственный технический университет. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 132 с.

4. *Ташлинский А.Г.* Псевдоградиентное оценивание пространственных деформаций последовательности изображений. / Научные технологии № 3, Т. 3, 2002. - С. 32-43.
5. *Муратханов Д.С.* Моделирование и структурная оптимизация псевдоградиентных алгоритмов оценивания параметров межкадровых геометрических деформаций изображений. / Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Специальности 05.13.18. – Ульяновский филиал военного университета связи: Ульяновск, 2004.
6. *Гиниятуллин Н.Ф., Гиниятуллин Ф.Г., Муратханов Д.С.* Анализ эффективности непараметрического алгоритма оценивания векторов сигнала / Известия высших учебных заведений «Радиоэлектроника», Киев, № 10, 2001. - С. 7-15.
7. *Ташлинский А.Г., Наскальнюк А.Н., Муратханов Д.С.* Структурная оптимизация псевдоградиентных алгоритмов в задаче оценивания геометрических деформаций изображений / Вестник УлГТУ, № 4, 2001. - С. 4-6.

Статья поступила в редакцию 3.09.2012 г.

Павский Кирилл Валерьевич

Кандидат технических наук, научный сотрудник Лаборатории ВС ИФП СО РАН (630090, Новосибирск, Лаврентьева, 13), тел. (383) 3332171, e-mail: pkv@isp.nsc.ru.

Accelerated Algorithm of Images Shifts and Turns Estimation on Sequence of Frames

Kirill V.Pavsky

The interframe offsets model and pseudogradient algorithm of images shifts and turns estimation on frames sequence are described. The accelerated sequential algorithm on the base of pseudogradient algorithm is proposed. The efficiency of accelerated sequential algorithm convergence is presented.

Keywords: interframe image offset, shifts and turns estimation, accelerated pseudogradient algorithm.