А.И. Уваров, М.А. Лихачев, Б.К. Тельных, А.А. Зенкин

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОЧЕЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

(ВУНЦ ВВС «ВВА» г. Воронеж)

Современный этап развития науки и техники характеризуется активизацией разработок и массовым применением робототехнических комплексов. Они создаются как перспективные средства выполнения сложных, трудоемких и опасных для человека задач. Одной из которых является цифровая обработка изображений. Необходимость в получении более детализированных признаков объектов, способствовало появлению новых методов и способов реализующих совмещение изображений.

При простейшем корреляционном методе совмещения точечных изображений, который осуществляется плоскопараллельным смещение одного из совмещаемых кадров относительно другого и характеризуется некоторыми значениями параметров x_c, y_c, после чего эти кадры накладываются друг на друга и подсчитывается число пар совпадающих отметок. В результате получаем взаимное положение кадров, для которого количество таких пар максимально и соответствует действительности.

При больших взаимных сдвигах кадров T_μ и $T_{\mu+1}$ возникает необходимость в пропорциональном увеличении апертуры $2n \times 2n$. В связи с этим представляет интерес предварительное грубое совмещение кадров, базирующихся на использовании их корреляционной зависимости.

$$К(\chi_c, \gamma_c) = \sum_{i=1}^{M_\mu} \sum_{j=1}^{M_{\mu+1}} \delta\left(\omega_{ij}^{(\chi)} - \chi_c, \omega_{ij}^{(\gamma)} - \gamma_c\right), \qquad (1)$$

$$\delta\left(\omega_{ij}^{(\chi)} - \chi_c, \omega_{ij}^{(\gamma)} - \gamma_c\right) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega_{ij}^{(\chi)} - \chi_c = \omega_{ij}^{(\gamma)} - \gamma_c = 0 \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \qquad (2)$$

Определим максимальные значения коэффициента корреляции совмещаемых изображений. Прямое использование формулы (1) для оценки параметров сдвига кадров T_μ и $T_{\mu+1}$ представляется очень трудоемкой задачей, поскольку множество значений χ_c, γ_c континуальны. Однако идентифицировать кадры по точечным характеристикам позволят решить данную проблему. Значения $К(\chi_c, \gamma_c)$ отличные от нуля, находятся без существенных затрат, так как множество отметок кадров T_μ и $T_{\mu+1}$ являются конечными. Для определения значений $К(\chi_c, \gamma_c)$ достаточно найти по формуле (2) значения χ_c, γ_c для каждой пары отметок *(i, j),* обращающие $\delta\left(\omega_{ij}^{(\chi)} - \chi_c, \omega_{ij}^{(\gamma)} - \gamma_c\right)$ в единицу, и положить значение $К(\chi_c, \gamma_c)$ в каждой точке (χ_c, γ_c) равным числу пар *(i, j)* отметок, соответствующих упомянутой точке.

Затруднение также вызывает нахождение среди полученных значений $\text{К}(\chi_c, \gamma_c)$ максимального (несмотря на конечность их числа), так как из-за погрешностей дискретизации координат отметок кадра T_μ и $T_{\mu+1}$, остаточных нелинейных искажений в кадре T_μ , приближенности формул

$\bar{\chi} \approx \bar{\chi} - \chi_c$, $\bar{\gamma} \approx \bar{\gamma} - \gamma_c$ и других факторов максимума $\text{К}(\chi_c, \gamma_c)$ разделен на конечное множество значений не равных нулю, лежащих в плоскости корреляции $o_c\chi_c\gamma_c$ в τ_1-окрестности друг от друга. Одним из решений данной задачи является, например, дискретизация плоскости $o_c\chi_c\gamma_c$ с теми же параметрами, что и поля зрения датчика, и ее просмотр апертурой размером

$\tau_1 \times \tau_2$, причем при каждом положении последней значения $\text{К}(\chi_c, \gamma_c)$, отвечающие ее элементам, суммируются (имеет место генерализация данных). Координаты центра апертуры в ее положении, соответствующем максимуму формируемых сумм, характеризуют взаимный сдвиг кадра.

Решение задачи методом редкой сетки заключается в следующем. Область плоскости $o_c\chi_c\gamma_c$, ограниченная неравенствами $|\chi_c| \leq \alpha_{max}$, $|\gamma_c| \leq \alpha_{max}$ (где α_{max} – максимально возможное значение $|\chi_c|$, $|\gamma_c|$) разбивается на одинаковые квадраты со сторонами, параллельными осям $o_c\chi_c$, $o_c\gamma_c$. Далее определяются значения свертки кадров вида

$\bar{\text{К}}(\mathrm{X}_c, \Upsilon_c) = \sum_{\chi_c=0}^{i-1} \sum_{\gamma_c=0}^{i-1} K(\chi_c + I\mathrm{X}_c, \gamma_c + I\Upsilon_c)$, где I>1 – сторона каждого из упомянутых квадратов в элементах дискретизации;

$\mathrm{X}_c, \Upsilon_c = -{}^{\alpha_{max}}/_{I}, -\left({}^{\alpha_{max}}/_{I} - 1\right), \dots, -1, 0, 1, \dots, {}^{\alpha_{max}}/_{I} - 1$ – номера квадратов разбиения. В соответствие квадратам ставятся счетчики, содержимое каждого из которых в исходном положении равно нулю, и рассматриваются все возможные пары *(i, j)* отметок кадров T_μ и $T_{\mu+1}$. Если некоторая пара *(i, j)* дает значения χ_c, γ_c, обращающие функцию $\delta\left(\omega_{ij}^{(\chi)} - \chi_c, \omega_{ij}^{(\gamma)} - \gamma_c\right)$ в единицу и отвечающие некоторому квадрату, то к содержимому соответствующего ему счетчика добавляется единица. В результате счетчиками будут зарегистрированы значения $\bar{\text{К}}(\mathrm{X}_c, \Upsilon_c)$. Остается лишь выбрать среди них максимальное.

Такому решению задачи свойственны два недостатка: во-первых, точность определения параметров взаимного сдвига кадров не превышает величины ${}^{I}/_{2}$; во-вторых τ_2- окрестность плоскости $o_c\chi_c\gamma_c$ может принадлежать

частично двум (или более) квадратам и максимум $\bar{\text{К}}(\mathrm{X}_c, \Upsilon_c)$ может быть выражен слабо или не выражен вообще. Для устранения первого недостатка целесообразна либо дальнейшая отработка сдвига с помощью, например, квазикорреляционного алгоритма, либо осреднение значений (χ_c, γ_c), отвечающих выбранному квадрату. Для устранения второго недостатка можно рекомендовать нанесение на плоскость $o_c\chi_c\gamma_c$ не одной, а нескольких сеток квадратов со сдвигами друг относительно друга вдоль осей $o_c\chi_c$ и $o_c\gamma_c$, причем для повышения быстродействия алгоритма заполнение счетчиков, соответствующих этим сеткам, целесообразно организовать параллельно. Выбор наиболее «сложного» квадрата следует произвести для каждой сетки индивидуально. Из отобранных квадратов далее надо выбрать вновь самый «сложный» и по его местоположению на плоскости корреляции оценить его параметры сдвига кадра.

Предложенный метод наиболее эффективен при невысоком уровне помех, небольшом взаимном сдвиге идентифицируемых изображений и малых нелинейных искажениях. Наиболее эффективными условиями применения является идентификация точечных изображений, когда последние регистрируются одним инструментом наблюдения точечной картины в процессе перемещения последнего в пространстве по некоторой траектории, причем моменты регистрации следующих по времени изображений могут быть выбраны сколь угодно близкими.

Литература

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера. – 2005. – С. 1007 Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин. М., 1993 г.

2. Brown, L.G. A survey of image registration techniques/ L. G. Brown // ACM Computing Surveys. – 1992. – Vol. 24(4). – P. 325-376

3. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин. М., 1993 г.