УДК 528.7-198.4

Л.П.Ипатова, Р.М.Хрущ
Санкт-Петербургский филиал Военно-инженерного ун-та, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОДНОИМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ И ТОЧЕК СТЕРЕОПАРЫ ФОТОСНИМКОВ

В статье предлагается отождествлять одноименные области и точки стереопары на основе положений теории образов. Для этого используются матрицы ковариации, вычисляемые по признакам, характеризующим объекты или точки на стереопаре фотоснимков.

In this article equal name region and stereoparas points are going to be respected identical according to the rules of the theory of images. For this purpose we use matrix that are calculated with the help of signs, that characterize object or points on stereoparas of pictures.

Идентификация (от позднелат. identifico – отождествляю) одноименных точек фотоснимков играет важную роль в автоматизации их фотограмметрической обработки.

Автоматизация обработки фотоснимков возможна на базе сканирования, т.е. последовательного преобразования фотоизображения в электрические сигналы. Идея автоматизации фотограмметрической обработки фотоснимков принадлежит профессору А.С.Скиридову [3]. Суть ее состоит в том, что оптические плотности достаточно малых идентичных участков стереопары фотоснимков предполагаются подобными. Следовательно, подобными будут и их электрические сигналы. Отождествляются эти участки по результатам анализа электрических сигналов, полученных в результате сканирования фотоснимков.

Процесс определения степени подобия между сигналами от одноименных точек фотоснимков стереопары принято называть корреляцией [1]. Различают три метода корреляции: электронный, оптический и цифровой [2]. В настоящее время широкое распространение получают цифровые технологии обработки фотоснимков, в которых применяется в том числе и цифровая корреляция.

Различные алгоритмы цифровой корреляции предполагают реализацию корреляционных связей, существующих между одноименными точками. Для этого вычисляют ту или иную функцию корреляции, связывающую оптические плотности (или коэффициенты пропускания) одноименных точек. Однако такое решение не всегда является оптимальным. Например, для малоконтуристых и малоразмерных объектов корреляционный метод отождествления дает завышенные значения вероятности ложного обнаружения или пропуска объектов [5].

В настоящей работе предлагается отождествлять одноименные области и точки стереопары фотоснимков, используя положения теории распознавания образов. Подобные

алгоритмы применяются в различных областях прикладной математики [4].

В теории распознавания под образами понимается исследуемый объект, представленный измеряемыми признаками как координатами вектора в пространстве образов. По-иному, образ – это вектор в пространстве образов.

Признаками, которые характеризуют выборку исследуемых объектов (точек на снимках), будут их плоские прямоугольные координаты x и y, а также оптические плотности. Будем полагать, что совокупность абсцисс точек фотоснимков будет представлять координату x в пространстве образов; ординаты точек фотоснимков – координату y совокупности образов, а оптические плотности D_i точек – координату z в пространстве образов.

Идея рассматриваемого способа отождествления одноименных областей и точек стереопары фотоснимков состоит в следующем. Фотоснимки должны быть предварительно оцифрованы. Один из фотоснимков, например левый, будем считать эталонным. Выберем на нем «окно просмотра», в котором располагается отождествляемая точка. В данной области фотоснимка между координатами и оптическими плотностями точек существует определенная связь. Очевидно, что на втором фотоснимке между точками такой же области будет существовать такая же связь. Нахождение этой области на правом фотоснимке – цель решения данной задачи.

Для точек, которые попали в «окно просмотра» на левом фотоснимке, вычисляется эталонная матрица ковариации. Эта матрица включает в себя коэффициенты ковариации между тремя выбранными признаками: координатами x и y и оптическими плотностями D_i точек, попавших в окно просмотра. Для правого фотоснимка последовательно (в области, где должна располагаться одноименная точка) вычисляются матрицы ковариации для окна такого же размера. Из сравнения матриц ковариации находят одноименные участки.

Количество исследуемых признаков (три) определяет и размер матрицы ковариации – $[3\times3]$. Матрица ковариации будет иметь вид

$$C=\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}. \qquad (1)$$

Матрица (1) симметричная. Поэтому ковариации $C_{12}=C_{21}$, $C_{13}=C_{31}$, $C_{23}=C_{32}$, и вычисляются они по формулам

$$C_{12}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i-x)(y_i-y)}{N-1};$$

$$C_{13}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i-x)(z_i-z)}{N-1}; \qquad (2)$$

$$C_{23}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-y)(z_i-z)}{N-1}.$$

где N – это общее количество точек (пикселов) в эталонном окне, $N=n\times n$; n – количество строк и столбцов в этом окне.

Диагональные коэффициенты равны дисперсиям соответствующих координат (признаков) и вычисляются по формулам

$$C_{11}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i-x)^2}{N-1};$$

$$C_{22}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i-y)^2}{N-1}; \qquad (3)$$

$$C_{33}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(z_i-z)^2}{N-1}.$$

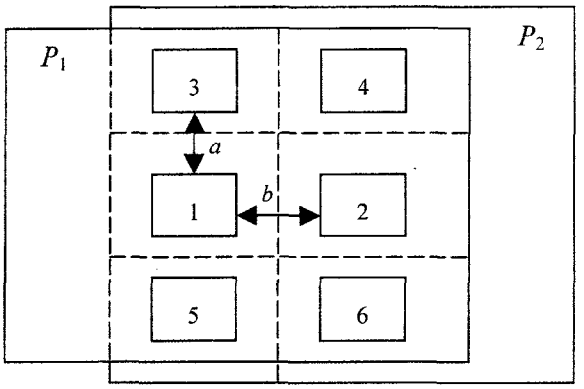
Следует отметить, что для задачи отождествления представляют интерес зависимые между собой величины. Так как x и y являются линейно независимыми величинами, то коэффициенты ковариации $C_{12}=C_{21}=0$ в отождествлении не участвуют.

Для точек, попавших в окно просмотра на правом фотоснимке, вычисляют последовательно матрицы ковариации (1) C', затем их последовательно сравнивают с матрицей C левого фотоснимка. По результатам сравнения и определяется степень подобия совокупности точек (областей), попавших в окно на левом фотоснимке, с совокупностью точек на втором фотоснимке стереопары. Могут использоваться разные критерии для определения степени подобия. Обозначим $C-C'=v$, а в качестве критерия для определения степени подобия будем использовать

$$[vv]=\min. \qquad (4)$$

Процесс идентификации точек стереопары итерационный. С каждым шагом размер «окна просмотра» изменяется. Отметим, что выбор начальных размеров «окна просмотра» достаточно произволен и определяется условиями решаемой задачи и другими обстоятельствами. Для уточнения этого вопроса рассмотрим следующий пример. Предположим, что решается задачи взаимного ориентирования стереопары фотоснимков. Известно, что при этом точки для определения взаимного ориентирования выбирают в зонах стандартного расположения (см. рисунок).

Положение стандартно расположенных зон определяется базисом b в масштабе фотоснимков и стандартным отрезком a. Кроме того, следует задать размеры зон.



Зоны для выбора стандартного расположения точек

Примерное расположение стандартных зон на правом фотоснимке известно. В первом приближении можно считать, что они будут находиться в пределах участков, ограниченных пунктирными линиями. На первом шаге размер «окна просмотра» может быть равен четверти участка, в которой находится стандартно расположенная зона.

На втором шаге окно просмотра уменьшается в кратное число раз, например в четыре. Эталонная область попрежнему должна содержать отождествляемый (или распознаваемый) объект. Алгоритм распознавания повторяется, но уже для меньшего числа точек, входящих в «окно просмотра». Так как количество признаков распознавания не изменилось, то размерность матрицы ковариации остается прежней. Действие алгоритма продолжается до тех пор, пока площадь «окна просмотра» не станет соизмерима с площадью распознаваемой области. В результате будет найдено положение распознаваемой области на правом фотоснимке стереопары. Точки, координаты которых необходимо измерить для решения задачи взаимного ориентирования, будут находиться в центре отождествленных областей.

Предложенный способ можно использовать и для решения других задач, например, для распознавания центров крестов на топографических фотоснимках и для измерения их координат.

Первые экспериментальные результаты показали работоспособность предложенного способа отождествления одноименных точек стереопары фотоснимков. В дальнейшем предполагается выполнить более широкие экспериментальные исследования для различных условий отождествления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лобанов А.Н.* Автоматизация фотограмметрических процессов / А.Н.Лобанов, И.Г.Журкин. М.: Недра, 1980. 552 с.

2. Пособие по фотограмметрии / Сокращенный перевод под редакцией В.И.Королева. М.: Недра, 1971. 168 с.

3. *Скиридов А.С.* Высотная аэросъемка. М.: Геодезиздат, 1937. 375 с.

4. *Дж. Ту* Принципы распознавания образов / Дж.Ту , Р.Гонсалес. М.: Мир, 1978. 411 с.

5. *Ярославский Л.П.* Алгоритмы автоматического обнаружения и определения координат калибровочных меток на аэро- и космических снимках // Геодезия и картография. 1976. № 10. С.37- 42.