

景物目标的启发式特征匹配识别法

张欣 陈康宏 万嘉若

(华东师范大学)

摘 要

特征匹配法是近年来发展起来的目标识别新方法,并开始应用于目标识别。本文提出了启发式特征匹配法。本法尽可能地避免冗余计算,使计算量大大降低。

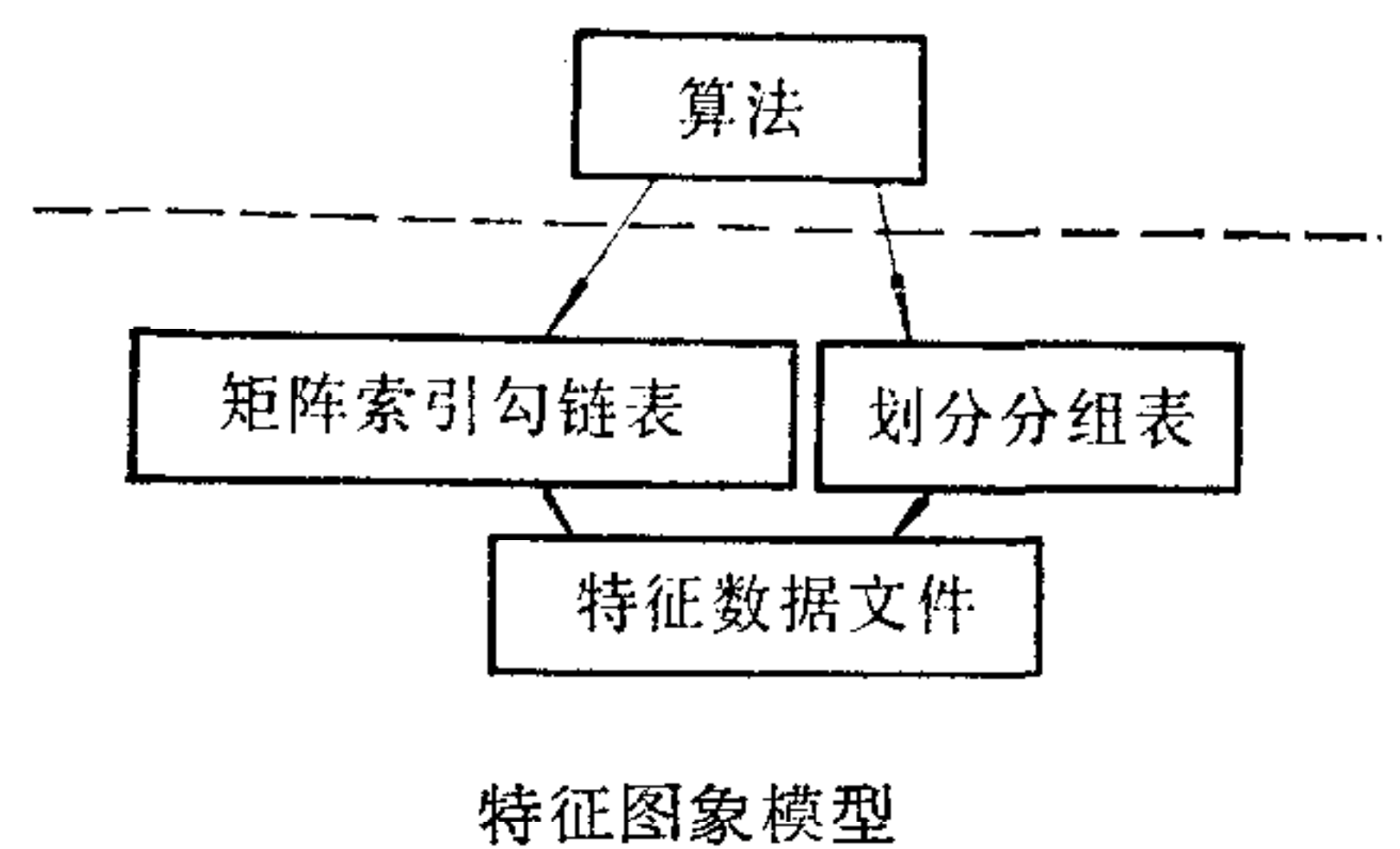
一、引 言

近年来,图象处理和识别技术用于导弹末端制导的应用研究发展较快。数字图象匹配识别系统兼有精度高和价格低之优点,为目前一些最先进的制导系统所竞相采用。

制导中图象匹配面临两个特殊的棘手问题:几何畸变和对比度反转(contrast reversal)。图象特征匹配法能较好地解决这些问题。特征匹配法由于其本身的复杂性和多样性,尚未有完善理论。各种指标的估算方法随各种具体方法而异,且许多场合各类指标难以计算,所以,各种匹配方法尚待改进完善。

本文提出了启发式特征匹配识别法。它充分利用在计算过程中得到的新信息,结合空间位置限制条件,不断调整搜索空间(限止查找树的节点展开),避免了大量冗余计算,降低了计算量,并仍保证一定的目标正确截获概率。本法主要由序贯型聚类匹配预选和定向搜索比较决策两部分组成,是作者用启发式的基本思想将聚类匹配法^[1,2]和模型法^[3,4]有机地结合起来后形成的新方法,成功地克服了各自的盲目计算问题。本方法不仅适用于制导中目标的识别,而且能广泛地应用于其它的景物分析。

特征抽取和特征图象模型的建立是特征匹配识别法的基本环节之一。作者把线特征作为基本特征量,根据文[4]的方法抽取线特征,并在消减噪声干扰和边缘元素线性分组方面进行了改进,提高了特征抽取的质量。建立特征模型图象既能反映图象的结构信息,又便于匹配算法高效运行。为此作者采用了如图所示的由矩阵索引勾链表、划分分组表及特征文件构成的模型。



二、启发式特征匹配识别法

1. 特征匹配问题

就制导而言特征匹配问题可归纳为：对于从观察图象中提取的特征图象模型 S ，要找其最大的子模型 S' ，使其与参考特征图象模型 R 最为相似（即最佳匹配），要求匹配结果对空间坐标变换 T_a 不敏感，但对特征之间相对位置或几何参数的任意改变很敏感。

特征匹配问题是个广义图同构问题，即寻找映照函数 $f_M: M \rightarrow N$ ， M 和 N 分别是参考和观察特征集，使上述的定义得到满足。穷举搜索的复杂程度为 $\#N^{\#M}$ ，即 NP 完全问题。

除噪声干扰外，特征元素之间存在相对空间位置间的强烈限制，它可用已知参数形式的空间坐标变换 T_a 来刻画。在其限制之下，特征元素的 $\#N^{\#M}$ 种组合中有许多种组合是目标的概率极小，如放弃对它们的搜索，可期望以很小的目标正确截获概率 P_c 的损失为代价，获大大降低计算量之收益。启发式匹配法要求所求匹配映照 f_M 须具备这样两个性质：所有对应特征对之间的坐标变换参数基本一致（聚类性）；如果知道了坐标变换参数，通过变换关系 T_a 可找到各对对应特征匹配对。启发式匹配法首先由序贯聚类匹配预选法在聚类过程中利用前一性质不断对搜索区域进行筛选，除去真正匹配位置可能性极小的区域，然后进行定向搜索比较所筛选出的区域；由性质二通过坐标参数变换，确定特征映照关系 f_i ，经比较得出最佳匹配结果 f_M 。

2. 序贯聚类匹配预选法

设 s_i 和 r_i 分别是观察和参考特征集中的元素，它们之间的坐标转换参数为 a_{ij} 。由 f_M 的第一性质可知：匹配位置 a_M 必处在 $\{a_{ij}\}$ 的一个聚类点处，聚类匹配法^[1]是将所有 $a_{i,j}$ 都计算出来，再以聚类点数最多的聚类中心为匹配位置，随 $\#N \cdot \#M$ 的增大，计算量和存贮量迅速增加。为改变这种盲目计算，先规定 $a_{i,j}$ 的计算顺序，将参考和观察特征集中的元素分别按序号排列好，参考特征集中元素 r_i 逐个与观察特征集中的 $\#N$ 个元素计算相互间坐标变换参数估计值 $a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,\#N}$ ，称为一次扫描，按照参考特征序号一次接一次地扫描计算可得 $\#M$ 组估计 $\{a_1\}, \{a_2\}, \dots, \{a_{\#M}\}$ 。每次扫描之后插入一个聚类判决过程，将那些聚类点数过少的聚类中心剔除，即作为非匹配位置；将那些聚类点数很高的聚类中心选出作为匹配位置候选点；对那些聚类点数既不过少也不很高的聚类中心保留到下一次扫描后判别。当没有这些不确定的聚类中心时，整个计算过程终止。这本质上是一个序贯决策问题。设在第 l 次扫描后，某聚类中心的聚类点数为 k_l ，判决阈值分别为 T_1^l 和 T_2^l ，则

$$\begin{cases} k_l < T_1^l & \text{这点不是正确匹配点;} \\ k_l > T_2^l, & \text{这点作为定向搜索比较的候选点,} \\ T_1^l \leq k_l \leq T_2^l, & \text{不能确定,继续扫描.} \end{cases}$$

另一个提高计算效率的措施是根据先验约束条件，减少无意义的聚类点。例如，如果

1) $\#N$ 和 $\#M$ 分别表示集合 N 和 M 中各自的元素个数。

预先确知目标旋转不可能超过某角度,显然超过这角度变化范围的参数估计 $\alpha_{i,j}$ 是不合理的,不必加以进一步考虑。

3. 定向搜索比较决策

经过序贯聚类匹配预选后,得出了 $K+1$ 个目标的候选估计 $\alpha_j, j=0,1,\dots,K$ 。定向搜索比较决策过程是根据某一原则选其中的一个合理位置估计作为系统运行的最终决策。对于这 $K+1$ 个候选变换参数的估计 α_j 。通过坐标变换 T_{α} 可确定参考特征集合中每个元素 r_i 在观察图象中的相应位置,记为 $P(\alpha_j, r_i)$, 距 $p(\alpha_j, r_i)$ 最近的且几何参数接近的观察图象特征 s_{ij} 与 r_i 构成一对匹配特征对,这样在 α_j 是真正目标位置的假设下,映照 $f_j = \{(r_i, s_{ij}), i=1, \dots, \#M, ij \in \{1, \dots, \#N\}\}$ 正是所求的匹配对应关系。反过来也可用 α_j 对应的映照 f_j 上的度量来作为 α_j 是否为正确匹配位置的置信度,将置信度最高的点 α_m 作为系统的最终决策。设 (r_i, s_{ij}) 给出的参数估计为 $\alpha_{i,j}$, 令 $e_{i,j} = \alpha_j - \alpha_{i,j}$, 那末绝对值累计误差定义为

$$e_j = \sum_{i=1}^{\#M} \text{abs}(\alpha_j - \alpha_{i,j}) = \sum_{i=1}^{\#M} \text{abs}(e_{i,j})$$

其中函数 $\text{abs}(\cdot)$ 表示取向量各分量的绝对值。绝对值累计误差最小的决策原则是选择使 $E_j = (\mathbf{c} \cdot \mathbf{e}_j)$ 最小的 α_j 作为匹配位置的决策,其中 \mathbf{c} 是个正的常向量,表示各分量加权和。

4. 实验和计算结果

利用计算机做了航空照片匹配的模拟实验,采用的机型是 PDP11/34,程序设计语言是 FORTRAN-IV, 匹配时间小于 1.5 秒。比在同样条件下,用聚类匹配法和模型法进行计算,速度分别提高三倍和五倍以上。随着特征数量的增大,其效果会更为显著。对目标位置作者还采用了最小均方线性估计法,使定位精度显著提高,误差小于一个象元。另外通过计算,目标的正确截获概率 P_c 大于 97%。

航天部二院二十五所唐守信同志曾给作者多次具体指导并提供各种参考资料,中科院上海技术物理所提供了航空照片,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] Noges, E., Savol, A. M., Witsmeer, A. J., and Moerdyke, D., Application of an Iterative Feature Matching Algorithm to Terminal Homing, *SPIE* 238(1980), 243—253.
- [2] Stockman, G., Kopstein, S., and Bennett, S., Matching Image to model for Registration and Object Detection Via Clustering, *IEEE Trans. PAMI-4*(1982), 229—241.
- [3] Clark, C. S., Eckhardt, W. O., McMary, C. A., Nevatia, R., Olin, K. E. and VanOrder, E. M., High Accuracy Model Matching for Scenes Containing Manmade Structures, *SPIE* 186(1977), 54—62.
- [4] Clark, C. S., Luk, A. L. and McMary, C. A., Feature-based Scene Analysis and Matching, Proceedings of NATO Advanced Study Institute of Pattern Recognition and Signal Processing, Paris, France.

A HEURISTIC METHOD FOR FEATURE-BASED SCENE MATCHING

ZHANG XIN CHEN KANGHONG WAN JIARUO

(East China Normal University)

ABSTRACT

The feature-based scene matching technique has recently been developed into a new method for target recognition. This paper describes a heuristic method for feature-based matching, which avoids the superfluous computations as much as possible so that the computation cost is greatly reduced.

第八届国际模式识别会议简况

模式识别是当代信息科学的一个前沿分支，受到各国科技界的重视。为了交流这门新兴技术科学的研究结果，国际模式识别学会每两年举行一次国际会议。1986年10月28日至31日在法国首都巴黎举行了第八届国际模式识别会议。世界国有八百多位学者参加。大会接纳了正规论文237篇，作为大字报张贴的论文138篇。我国学者向会议提交了正规论文23篇，大字报形式论文16篇。有16名学者从国内专程前往参加会议，在欧洲学习的十多名我国留学生也参加了大会。

大会开幕式上首先由巴黎副市长等致词表示祝贺，接着为前不久去世的著名模式识别专家、美籍华裔学者傅京孙举行了纪念仪式。傅京孙教授是模式识别领域的开拓者之一，对国际模式识别学会的建立作出了重要贡献。美国代表扼要地介绍了傅教授的成就与贡献。中国自动化学会模式识别与机器智能委员会的代表也在大会上致词，表达了海峡两岸的学者对傅京孙教授的哀悼和敬意。这次大会决定设立“傅京孙奖”，以奖励今后在模式识别领域内有杰出贡献的各国学者。

会议分四个小组用三天时间报告论文，并有一次大字报形式的论文交流。内容丰富多采，包括：视觉检验、图象理解、活动机器人、三维视觉、低层次图象处理、光学文字识别、形状分析、活动目标识别、图象编码、遥感、语音识别、以知识为基础的模式识别等。会议的东道主精心地组织了十一篇特邀报告。这些报告针对一些具体范畴或新的分支进行了综述与介绍，受到了与会者的欢迎。我国学者应邀作了“模式识别在中国的进展”的报告，介绍了近十年来，我国在模式识别的应用与基本问题研究方面的一些成果，以及建立对全国开放的模式识别实验室的情况。

会议决定1988年将在北京举行第九届国际模式识别会议。八年前曾在亚洲举行过第四届国际模式识别会议，地点在日本的京都，以后的几届会议都是在美洲或欧洲举行。1988年的会议在北京举行，一方面反映了我国在这个领域内的研究与开发应用已经取得了一定的成就，另外也将起到推动我国模式识别的研究与应用，是一件值得高兴的事。有关方面已经在积极地进行准备工作。

(戴汝为)