

## 适用于模糊熵差景象匹配算法的后检测技术

何芳芳<sup>1</sup>,孙继银<sup>1</sup>,孙向东<sup>2</sup>,刘小雷<sup>3</sup>

(1.第二炮兵工程学院 指挥自动化系,陕西 西安 710025;2.第二炮兵装备部科研部,北京 100085;  
3.空军航空大学 飞行理论教研室,吉林 长春 130062)

**摘要:**研究了有效特征区域的松弛检测方法,对基于模糊熵差的景象匹配算法进行相应后处理,提高了匹配性能。针对模拟图像及实际航片图像,通过迭代计算已知重心点的匹配支持度来实现虚假点的剔除。比较处理前后匹配算法的性能,验证了后处理技术的正确性和有效性。

**关键词:** 松弛检测; 模糊熵差; 景象匹配

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2005)02-0225-02

### Back-check adapt to scene matching algorithm of fuzzy entropy similarity metric

HE Fang-fang<sup>1</sup>, SUN Ji-yin<sup>1</sup>, SUN Xiang-dong<sup>2</sup>, LIU Xiao-lei<sup>3</sup>

(1.Auto-technology Institute,The Second Artillery Engineering University,Xi'an 710025,China;

2.The Scientific Research Department of The Second Artillery,Beijing 100085,China;

3.Aviation Theory Staff Room,Aviation University of Airforce,Changchun 130062,China)

**Abstract:**The relaxation detecting of effective feature segmentation is studied before matching capability of Scene Matching Algorithm of fuzzy entropy similarity metric can be improved. According to the experiments of large simulated images through iterative computing matching-support of known center, results show that it is a good back-check with correctness and validity.

**Key words:** Relaxation detecting; Fuzzy entropy; Scene matching

## 0 引言

参考文献[1]提出了一种基于图像区域特征提取的模糊熵差景象匹配算法,该算法通过构造模糊熵差匹配度量函数,将通常匹配中采用的两幅图像逐次搜索相似度最大值问题转化为针对区域分割后图像寻找配准点的问题,从而大大提高了景象匹配算法的效率,但是在匹配性能方面仍有优化的余地。本文通过

对已知有效特征区域进行松弛检测<sup>[2,3]</sup>,在维持目前精度的基础上,提高算法的匹配概率。

## 1 模糊熵差景象匹配算法

针对两幅不同时相图像,该方法先进行区域特征提取,然后通过构造模糊熵差匹配度量函数来实现图像的自动匹配。模糊熵差景象匹配算法主要分为4个步骤:图像区域特征提取、区域特征描述(模糊熵)、构

收稿日期:2004-04-12; 修订日期:2004-06-25

作者简介:何芳芳(1981-),女,安徽南陵人,硕士生,研究方向为图像处理和图像匹配等。

造模糊熵差相似度和图像匹配。

设  $F$  是实时图,  $G$  是基准图, 经过区域特征提取后, 最终形成图像的分割图, 并用二值图  $X_{R_i} = \{R_i^1, R_i^2, \dots, R_i^{N_i}\}$  ( $i=1,2$ ) 表示,  $R_i^j$  表示第  $i$  幅图的第  $j$  个区域, 则两幅图中每个分割区域的模糊信息熵定义为:

$$h = \frac{1}{M \times N \times \ln 2} \sum_{(m,n) \in R_i^j} S(l_{m,n}) \quad (1)$$

式中  $L_{m,n} = \frac{x(m,n) - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ ,  $x_{\max} = \max\{f(X_{R_i})\}$ ,  $x_{\min} = \min\{f(X_{R_i})\}$ ;  $S(l_{m,n}) = -l_{m,n} \ln l_{m,n} - (1-l_{m,n}) \ln(1-l_{m,n})$ , 其次, 构造模糊熵差匹配度量函数:

$$f(F, G) = |\text{de}(F, G)| \quad (2)$$

模糊熵差是将基准图和实时图经过区域特征提取后, 由公式(1)分别计算各分割区的图像模糊熵, 然后计算基准图和实时图中所有不同区域模糊熵的绝对差而得到的。图像匹配就是基于上述的模糊熵差, 只要寻求两幅图像模糊熵差最小的三组对应区域, 然后选择它们的重心作为匹配控制点, 最后可求得匹配系数。

## 2 已知有效分割区域重心点的松弛检测

### 2.1 松弛检测原理

考虑到找最小的三对匹配区域时, 如果单凭模糊熵差矩阵的三个最小值作为匹配控制点, 在某些情况下可能发生误匹配, 将三组对应区域的重心位置构成两个有效点集<sup>[4-6]</sup>, 利用松弛算法对此点集每一元素匹配支持度进行迭代计算, 设定门限值, 最终可将虚假点剔除。

假设基准图的候选重心点集为  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ , 实时图的候选重心点集为  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ , 则有效重心点的松弛检测原理如下:

对每一点对  $(f_i, g_j)$ , 定义两特征点集间的相对偏移。令  $\delta_{ij}(p, q)$  为当  $f_i$  与  $g_j$  配对时  $f_p$  与  $g_q$  间的距离, 即:

$$\delta_{ij}(p, q) = \|(f_p - f_i) - (g_q - g_j)\| \quad (3)$$

假如  $\delta_{ij}(p, q)$  为零, 则表示  $f_i$  相对于  $g_j$  等同于  $f_p$  相对于  $g_q$ , 因此点对  $(f_p, g_q)$  应当给予  $(f_i, g_j)$  以最大的支持。随着  $\delta_{ij}(p, q)$  的增加, 其支持度应减小。于是, 令  $(f_p, g_q)$  对  $(f_i, g_j)$  的支持度为:

$$\phi(|\delta_{ij}(p, q)|) = \frac{1}{1 + |\delta_{ij}(p, q)|^2} \quad (4)$$

若要求当  $f_i$  与  $g_j$  配对时,  $f_p$  仅与一个  $g_q$  相配对, 即与  $f_p$  关联的、对  $(f_i, g_j)$  的支持度最大的  $g_q$  相配对, 则可得如下支持度表达式:

$$\max_{q \neq j} \phi(|\delta_{ij}(p, q)|) \quad (5)$$

为了得到  $(f_i, g_j)$  的初始支持度, 取所有  $f_p$  之和的平均:

$$s^0(f_i, g_j) = \frac{1}{m-1} \sum_{p \neq i, q \neq j} \max \phi(|\delta_{ij}(p, q)|) \quad (6)$$

在计算  $s^0(f_i, g_j)$  时, 平等地看待每一个点对  $(f_p, g_q)$ , 因为在无其他先验知识的条件下, 任意两个点均可以配对。但是, 在第  $r$  次迭代 ( $r > 0$ ) 时,  $(f_p, g_q)$  对  $(f_i, g_j)$  的支持度不仅依赖于  $f_p$  和  $g_q$  间的位置差别, 而且也依赖于它们的  $s^{r-1}(f_p, g_q)$ , 即允许局部支持度的反馈。这两个因素可按不同的方式结合, 取它们中的最小值, 因此有:

$$s^r(f_i, g_j) = \frac{1}{m-1} \sum_{p \neq i, q \neq j} \max \min [s^{r-1}(f_p, g_q), \phi(|\delta_{ij}(p, q)|)] \quad (7)$$

该迭代一直进行到当  $d_r = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m [s^r(f_i, g_j) - s^{r-1}(f_i, g_j)] \leq \varepsilon$  时终止, 这里  $\varepsilon$  为一个预先设定的极小正数(如 0.000001)。此时得到了最终的匹配度量矩阵  $s^r(f_i, g_j)$ 。

设由  $s^r(f_i, g_j)$  可得  $f_i$  的对应点为  $g_n$ , 二者间的匹配度量值为  $s^r(f_i, g_n)$ , 则有:

$$s(f_i, g_n) = \max_{1 \leq q \leq m} s(f_i, g_q) \quad (8)$$

对  $F$  中所有点, 可得  $m$  个匹配度量值, 构成集合  $A$ :

(下转第 240 页)

### 3 结 论

应用数字仿真的方法,对红外寻的系统抗干扰性能进行分析、评估是十分有意义的,可以用数字化的软件技术代替昂贵的硬件研制。软件的可修改、适用性方面远远优越于硬件。随着数字技术的不断深入发展,数字化仿真技术将在设计、研制和性能评估的研究中发挥更重要的作用。本文是初步的研究结果,为了达到实用化的目的,还需要进一步深入。

(上接第 226 页)

$$A = \{s(f_i, g_{i1}) \mid i=1, 2, \dots, m\} \quad (9)$$

与  $A$  中最大的  $m$  个匹配度量值相对应的点对,即为最终的对应点关系。

#### 2.2 松弛检测

松弛检测为一个迭代过程。按以下三步进行迭代处理,直到没有变化为止。

(1) 计算基准图里每一个候选重心点的匹配度量值;

(2) 按照该匹配度量值找出真正对应点;

(3) 将上步结论和先前的匹配控制点作比较,去除虚假点。

### 3 试验结果

根据本文的方法,利用航片基准图和模拟实时图进行了大量试验,由于图像太多不便一一列出,其结果如表 1 所示,可以看出,经过有效重心点松弛检测后能够将匹配概率显著提高。

### 4 结束语

由于模糊熵差景象匹配算法在匹配性能方面存在优化的空间,本文提出了利用有效特征区域进行松弛检测的后处理方法。试验结果表明,该方法能有效地提高景象匹配的匹配概率,是一种较为理想的后处理技术。

#### 参考文献:

- [1] 付伟.光电对抗概论[M].锦州:信息产业部电子第五十三研究所,2000.
- [2] 韩涛.对红外成像制导导弹的综合干扰[J].航天电子对抗,2002,(5):26-28.
- [3] 吕长水.美军第三代机载红外导弹告警器研发概况[J].航天电子对抗,2003,(2):20-23.
- [4] 汪朝群.红外诱饵对红外制导导弹的干扰特性及仿真[J].红外与激光工程,2001,30(4):241-245
- [5] Pollock DH.The Infrared Electrooptical Systems Handbook[M].Michigan:Infrared Information Analysis Center and Washington:SPIE Optical Engineering Press,1993,7:253-256.

表 1 松弛检测前后匹配性能比较

Tab.1 Comparison of matching capability before and after relaxation detecting

FESMA	Relaxation iterated time	Error square	Matching probability/%
Before relaxation detecting		0.02763	76.55
	15	0.02082	80.12
After relaxation detecting	30	0.01631	89.14
	30	0.00211	93.63

#### 参考文献:

- [1] 何芳芳,孙继银.基于区域特征提取的模糊熵差景象匹配算法[J].第二炮兵工程学院学报,200,18(3):97-99.
- [2] Ranade S,Rosenfeld A. Point pattern matching by relaxation[J].Pattern Recognition,1980,12(4):269-276.
- [3] 张迁,刘政凯,庞彦伟,等.基于 SUSAN 算法的航空影像的自动配准[J].测绘学报,2003,32(3):245-250.
- [4] 桑军,李宗志,朱晓红.已知有效点数的点特征松弛匹配[J].重庆建筑大学学报,2003,25(4):114-120.
- [5] 桑农,张天序.旋转与比例不变的点特征松弛匹配算法[J].电子学报,1998,26(6):74-77.
- [6] 荆仁杰,陈洋.利用点结构匹配平面景物[J].通讯学报,1998,9(2):31-36.