

基于直方图约束的匹配图象改善方法

王 蜂 邓方林

(西安二炮工程学院 301 教研室, 西安 710025)

摘 要 针对导弹精确制导问题,研究了提高景象匹配定位准确性和可靠性的方法.对于相同地区在不同光线照射下,由于图象获取方法不同,往往会造成匹配图象参数产生差异,进而影响景象匹配准确性和可靠性.通过调整图象直方图,使它们基本表现一致,从而减少了图象差异,提高了匹配准确性和可靠性.通过比较发现,由于匹配图象处理后,可使基准图和实时图的信噪比减小 28.6%,因此,该方法有利于改善景象匹配性能.

关键词 图象处理 图象匹配 直方图 巡航导弹

中图法分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-896X(2001)03-0234-05

The Way of Improving Matching Dependability Based on Changing the Histogram

WANG Feng, DENG Fang-lin

(The Second Artillery engineering college, Xi'an 710025)

Abstract A way is proposed about improving the veracity and the dependability of locating of scene matching. There are always some differences between the pattern images and the real-time image that being used in scene matching, the paper consider that main reasons of making these matching image differences is: 1、the pattern image and the real-time image are gained under the different light; 2、when the pattern image and the real-time image are made to digital image, their transform model are often different; 3、owing to the time from getting pattern image to getting real-time image is often very long, their feature maybe exist diversity. These reasons will make the matching images difference in gray, histogram, texture and frequency spectrum, these differences will make the matching result not to be trusted. So, the paper used a new way to rearrange the gray, so as to decrease difference of matching images, and to improve the image correlation. Compare the testing result: after the matching image gray to be adjusted, the standard deviation of gray differences will minish 28.6%. Therefore, the way being proposed by this paper will can improve matching dependability.

Keywords Image process, Image matching, Histogram, Cruise missile

0 引 言

巡航导弹末制导,必须通过实时图与基准图匹配定位,来修正惯性偏差,以达到提高制导精度的目的,但地面景象因受季节变化、光线照射强弱等干扰影响,实时图往往表现出不同的特点,因而与基准图之间存在一定差异.研究表明^[1],这种匹配图象差异是影响定位可靠性的主要原因.“战斧”巡航导弹为提高制导精度,采用平时储存大量热点地区的卫星

图象,战前发射侦察卫星,拍摄攻击目标图象等保障手段,以减小基准图和实时图之间的差异,从而达到提高匹配精度和可靠性的目的^[2].最近美军参与的几场局部战争,巡航导弹基准图均采用这种图象保障方法.这种方法虽然可以提高巡航导弹的精度和可靠性,但也存在保障手段复杂、代价高等缺点,因此本文提出一种基于参数的匹配图象改善方法,即通过约束图象基本参数,达到将匹配图象参数限定在固定范围的目的,以此减少匹配图象差异对定位精度和可靠性的影响.

1 匹配图象变化对匹配可靠性影响

“战斧”巡航导弹在进行航迹规划时,每个预定的匹配点往往仅存一幅数字基准图,该基准图通常由侦察卫星先前拍摄,其与导弹实时拍摄的图象相比,往往因光照、干扰、拍摄高度等不同而产生差异,这种差异对景象匹配的可靠性和精度有直接影响,甚至导致错误和失败.

1.1 图象差异对匹配定位影响的分析

图象匹配通常采用距离度量方法和矢量夹角度量方法.若把同样规格的两幅数字图象看作多维矢量,则像素个数就是矢量维数,像素灰度就是矢量长度.通过比较两个矢量距离或矢量夹角后发现,与实时图矢量距离最近,或夹角最小的图象,就是实时图在基准图上的准确位置.

如果匹配图象大小是 $N_1 \times N_2$,则可将该图看作是 $N_1 \times N_2$ 维向量,如今进行图象匹配有多种算法,其中:①积相关归一化 N_{prod} 算法^[3],是计算实时图和基准图两向量相关值,也即两向量夹角的余弦函数值,若夹角越小,则认为图象越相似;②平方差算法通过计算两向量空间距离,距离越短,认为图象越

相似;③最小绝对值算法也是一种距离度量方法,认为最小差值的两向量最相似,其他匹配方法,也基本如此.

图 1(a)中的 A 、 B 、 C 3 条曲线,可以把它看作 3 个多维向量,采用 N_{prod} 算法比较它们的相似性,若其 A 与 B 的相关系数 $R(a, b) = 1$,夹角是“0”,则认为它们最相似;采用平方差算法或最小绝对值算法,若 A 和 C 的距离最短,且绝对差值最小,则认为 A 与 C 最相似;对于图 1(b)中 L 、 M 、 N 3 条二维向量,若采用 N_{prod} 算法,且 L 与 M 夹角小,以 L 、 M 最相似;而若采用平方差算法或最小绝对值算法,且 L 和 N 距离最短,绝对差值最小,则 L 和 N 最相似.图象匹配同样存在这种现象,即数字图象本身可认为是一个多维向量,若实时图和基准图对应位置灰度值是按比例变化的,则采用 N_{prod} 算法最能体现图象的相似性,也最能准确可靠地进行图象匹配;若实时图和基准图对应区域图象灰度基本一致,但图象受到的干扰不同,即非线性量化曲线不同,这时若采用平方差或最小绝对值算法,则能够相对准确地完成图象匹配.因此,对于客观上存在差异的匹配图象,由于灰度匹配算法本身仍存在问题,故还需要改进.

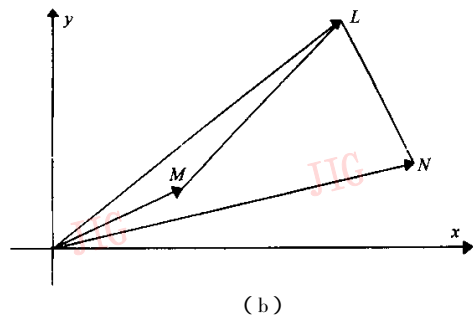
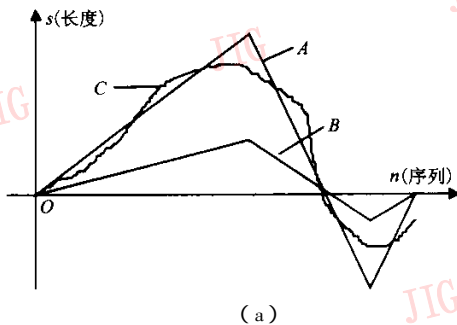


图 1 相关算法示意图

1.2 干扰产生原因及对匹配图象的影响

图象本身的复杂性造成了图象识别的复杂性,其首先表现在,图象不能用数学方法简单表达,只能通过一系列排列的像素来表示;其次,图象本身包含的信息非常丰富,而目前在图象识别中,为了提高实时性,所采用的前期处理方法,一般都舍去了大量信息;第三,用于匹配的图象往往差别很大;第四,人类对图象识别的生理机制研究还没有取得实质性突破.

巡航导弹下视景象的匹配方法,通常是将军事侦察卫星在离地面 200km 高空拍摄的图象作为基准图,而将导弹在离地面几 10m 低空拍摄的图象作为实时

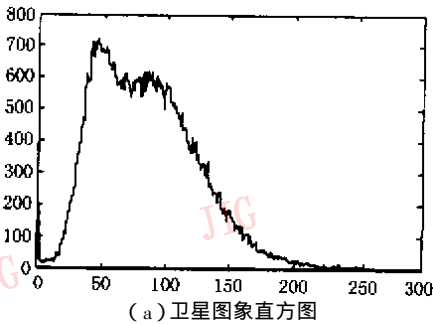
图.两图象之间首先由于拍摄时间不同,因而存在季节、环境变化等差别;其次,由于光线照射不同,存在灰度强弱和阴影等差别;第三,由于拍摄高度不同,因而存在清晰程度、几何变形等差别;另外,卫星图象常常还受地球大气的干扰;第四,由于拍摄工具的不同和受侦察卫星摄影技术的限制,以及其他因素,所拍摄的图象也会存在差别.这些不同类型、强度的干扰,对图象的影响没有确定的模型.图 2 是相同地点拍摄的卫星图象和航空图象(近似于巡航导弹实时图象),其图象灰度直方图如图 3 所示.

由图 3 可见,两图象的直方图明显不同,而由

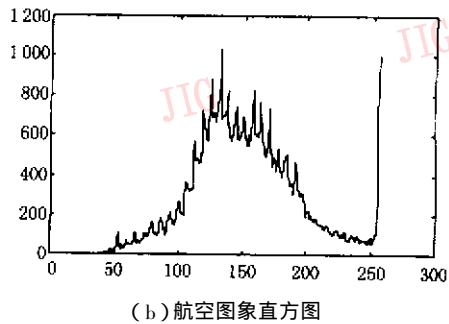


(a)某地区卫星图象 (b)某地区航空图象 (c)匹配结果图象

图2 景象匹配图象



(a)卫星图象直方图



(b)航空图象直方图

图3 直方图比较

图2可见,航片偏亮,卫片偏暗;航片中间偏右处有块亮斑,而卫片没有;在两图象的右上方存在图象反色现象,即航片偏暗处,卫片偏亮,而航片偏亮处,卫片又偏暗;在横向的河流处,也有这种现象。由此看出两图象存在较大的差别。

由于图象间的差别越大,相关性越弱,也越容易造成误匹配,因此需要通过图象处理来减小季节变化、光照等拍摄条件不同对匹配图象的影响,以使基准图和实时图有基本一致的表现形式,从而提高匹配精度和可靠性。

1.3 解决方法

基准图和实时图由于拍摄条件和量化模型的不同,图象之间必然存在差别,而且由于这些差别将导致图象直方图、频谱等基本参数不同,因此本文提出一种参数约束方法,即通过对图象灰度的再处理,即采用约束图象的基本参数的方法,来减小光照、量化方法对匹配图象的影响,以达到使匹配图象基本表现一致的目的。

2 直方图约束图象方法

灰度、直方图、纹理、频谱等是对图象基本特征的描述,且每幅图象都对应有确定的图象特征。虽然

图象的直方图与地物景象不是一一对应的关系,即从同一区域获得的相同图象,也不一定具有相同的直方图,但景象成为图象后,它的象素灰度就确定了,且基本参数,如直方图、频谱、纹理等特征也就确定了,即每幅图象都有确定的直方图和频谱等基本图象特征,因此反过来提出,可通过限定和约束图象的直方图、频谱等基本参数,来控制图象的表达形式和质量,以达到控制图象显示的目的,使基准图和实时图尽可能表现一致。

2.1 约束的可行性和依据

图象每个象素灰度的大小,主要由光线对该位置的照射强弱和该点对光线的反射系数,以及象素的灰度量化模型来决定,其数学模型为

$$I(m, n) = f[b(x, y)] = f[r(x, y) \times \alpha(x, y)] \quad (1)$$

这里,反射系数 r 反映了该位置表面的物理特性,具有相对稳定性,而量化模型 $f[\cdot]$ 往往具有很强的非线性,这也是造成图象灰度千变万化的主要原因。如果光线均匀照射在图象表面,则式(1)中, e 变成常量,量化模型则变为

$$I(m, n) = f_1[r(x, y)] \quad (2)$$

虽然函数 f_1 具有很强的非线性,但它的一阶导数是大于或等于0的,因此各象素灰度量化值的大小,与各象素对应位置反射光的强弱程度是一致的。

基于这一点,在相同光线照射下,即 e 是恒量时,对于整个图象,每个象素灰度,能够反映出该象素对应位置对光线的反射能力,即存在下列关系:

若 $r(x_1, y_1) > r(x_2, y_2)$, 则 $I(m_1, n_1) > I(m_2, n_2)$ 。因此,在相同光照下,在一幅 $N_1 \times N_2$ 图象中,如果连续量化,其 (m, n) 点的灰度值 $I(m, n)$ 大小,在 $N_1 \times N_2$ 个象素中的排列位置,是不受光照强度影响的,如果分256个灰度级量化,则该象素会与其相近的象素在同一个灰度级,因此对于不同光线条件下拍摄的不同图象,都可以把他们按某种规律,重新排列成近似一致的图象。

2.2 方法

由于在均匀光照下获得的数字图象,是把所有象素按灰度值大小排列,每个象素灰度值大小、顺序位置将不受光照强度影响,因此,对于两幅不同均匀光照条件下拍摄的图象,可以将每个象素灰度值进行调整,使得它们的直方图相同,这样它们对应象素的灰度值将相同或相近。数字图象由于通常采用256级量化方法,故存在很多相同灰度级象素,因此可采用下面方法排序:

(1)按0~255由小到大的灰度级顺序排列;

(2)从0灰度级开始,按由上向下,由左向右的顺序搜索,把每级灰度搜索一遍,这样就将每个象素按灰度大小排列在256级的不同位置,每级按该点在图象中由上向下,由左向右的顺序排列;

对图象灰度重新排序,首先需要确定新图象的直方图,该直方图有3种方法选择,即:平均法、参照法和优选法。

平均法即把灰度平均分配,每级灰度象素个数相同,参照法即参照已有的优质图象直方图,把新图象每级象素个数调整到与参照图相同;优选法即根据图象内容特点,选择有利于图象表达的直方图形式。赋值方法与排序方法相类似,按由0~255顺序,同级灰度按由上向下,由左向右的顺序,以新直方图对不同灰度级个数,依次重新赋值。赋值过程可采用反复循环法或中断循环法,来分别对不同象素位置赋不同灰度值。

3 结果比较

对于图2的卫星图象和航空图象以图3(b)的直方图对图2(a)卫星图象灰度重新排序,得图3(c)。观察图2发现,图3(c)较图3(a)与图3(b)

更接近、更相似,它们的相关值和对应位置信噪比见表1。

表1

	相关值 R	矢量夹角($^\circ$)	信噪比 Std
图象(a)与图象(b)	0.856 6	31.063 1	43.134 0
图象(c)与图象(b)	0.943 7	19.317 5	30.793 4
改善程度	10.17%	37.81%	28.61%

比较而言,改进后的图象比原图象与匹配图象之间相关性提高了10.17%,矢量夹角减小了37.81%,达11.7456度,信噪比减小了28.61%。

4 分析和结论

综上所述,直方图约束后,明显减少了匹配图象之间灰度差异,并且与原图比较,相关性提高了10.17%,矢量夹角减小了37.81%,两幅图象灰度的信噪比减小了28.6%,因此本文采用直方图约束方法,不仅改善了匹配图象质量,还减小了匹配图象差异,并有利于提高景象匹配的可靠性。

处理后的图象与原图象仍有一些差异,如两图象的信噪比仍达到30.8,航空图象白斑依然突出,河流依然反色,且农田、居民区等的细节模糊与清晰程度仍有较大差别。分析其产生差别的原因,一是由于两图象拍摄季节不同,对应位置在基准图上是庄稼,而在实时图上可能是裸田,从而造成光反射率差异;二是由于照射光线光谱不同,同样会造成反射率差异;三是由于在量化或处理过程中,不同灰度级排序存在先后选择,因而造成差异;四是由于光线照射阴影不同,但其中最主要的还是拍摄时间不同,致使图象表面特征有所改变,故造成了图象很大的差异。如果选择好的图象,那么经过处理后的图象,差异会更小。

综上所述可以得出以下结论:

(1)本文方法能减小相同区域两幅不同图象的差异,如果用本文方法来改善景象匹配图象,可以提高匹配定位可靠性;

(2)影响匹配结果的因素有很多方面,因为不仅要减小匹配图象差异,而且也应提高图象保障质量,因此可通过冗余等技术,来减小误匹配率^[1];

(3)匹配点应选择在这样的区域,①地物反射特性不易因季节或人为因素而改变;②图象特征明显,有利于识别;

(4) 本文提供了一种提高景象匹配可靠性的新的思路和方法, 这将有助于提高巡航导弹精确制导的能力.

参考文献

- 1 王峰. 飞行器下视景象匹配与定位方法研究[博士学位论文]. 西安: 西北工业大学, 1998年9月.
- 2 邹志勤. 巡航导弹机动地形相关系统. 战术导弹技术, 1994(4): 2127.
- 3 廖朝佩. 巡航导弹末制导技术的发展. 战术导弹技术, 1993, (3) 2937.
- 4 沈帮乐. 计算机图象处理. 北京: 解放军出版社, 1995年10月.
- 5 张继贤. 影像纹理多层次分析方法[博士学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1994年4月.
- 6 毕士冠等. 世界导弹大全. 北京: 军事科学出版社, 1987年.
- 7 Carr J R, Sobek J S. Digital scene matching area correlator(DSMAC). SPIE. Image Processing for Missile Guidance, 1980 238-3639.
- 8 Read C C, Hogan J J. Range correlation guidance for cruise missile. IEEE Trans. Aerosp. Electron. syst., 1979, AES-15: 547554.

- 9 Coherent Optical Correlation in Real Time for Missile Terminal Guidance, US Army Missile Research and Development Command Redstone Arsenal Alabama 35809 (1978.6).
- 10 Read C C, Hogan J J. Range correlation guidance for cruise missile. IEEE Trans. Aerosp. Electron. syst., 1979, AES-15: 547554.

王峰 1965年生, 1995、1998年分别在西北工业大学航天工程学院获得硕士和博士学位, 现在二炮工程学院航空与宇航技术博士后流动站工作, 目前主要从事图象处理、图象识别定位研究, 并结合各种导弹精确制导和应用技术开展研究工作

邓方林 1937年生, 1962年毕业于西北工业大学导弹控制系, 现为二炮工程学院301教研室教授, 博士生导师, 第二炮兵导弹专家, 目前主要从事仿真技术及精确制导研究。