Journal of Yancheng Institute of Technology (Natural Science)

干扰条件下的景象匹配模型分析。

彭双春,刘光斌,刘 冬

(西安第二炮兵工程学院 303 教研室 陕西 西安 710025)

摘 要:在景象匹配系统中,实时图由于受到噪声和畸变等因素的影响,经常无法有效、准确 地找到其实时匹配位置。建立了实时图的受干扰模型,得出了信噪比和相关值之间的定量关 系式;然后通过分析实时图的畸变模型,得出了可匹配条件下,实时图畸变方差的上限值。这 些研究工作,对于分析受干扰实时图对景象匹配的影响,具有重要意义。

关键词 :景象匹配 ; 信噪比 ; 模型

中图分类号:TN911.73 文献标识码:A

随着现代高技术战争的发展,单一的惯性制 导的飞行器已不能满足精度的要求,常常采用惯 性、全球卫星定位系统、地形匹配、光学景象匹配 等导航方式相融合的组合导航方式。其中,光学 景象匹配技术以其精度在理论上与射程无关、自 主性强等优点,成为飞行器组合导航中颇受人们 重视的关键技术¹¹。

数字景象匹配系统是依靠机载摄像机实时拍 摄地面的景物图像 ,生成实时图 ,并同预先由侦察 卫星 或无人机 冲摄处理并存储在机载计算机里 的基准图进行匹配,实时确定飞行器的精确位置, 为惯导系统提供纠偏信号,来进行精确定位。但 是 由于飞行中机载摄像机实时拍摄的实时图与 基准图存在如下差异[2](1)参考图和实时图可能 来自不同的传感器 而不同的成像机理 将会导致 实时图像与参考图像产生差异。(2)即使是同类 传感器所拍摄的景物图像,由于环境和成像条件 差异,如参考图和实时图拍摄的季节、天候、时间 等自然条件变化及传感器噪声和拍摄的视角、距 离不同,也会引起图像变化。(3)目标的复杂性及 其他干扰因素的影响。尤其在战时条件下,各种 不确定性的人为干扰非常多,更加增加了目标的 复杂性,直接影响到巡航导弹打击目标的精度。

实时图与基准图的诸多差异,使得景象匹配 的复杂性骤然增大,因此,有必要建立景象匹配受 文章编号:1671-5322(2004)04-0047-03

干扰条件下的误差模型,并通过它来分析匹配相 关性与噪声、畸变之间的关系。

1 受干扰模型的建立与分析

设 X_i 为理想图像(无畸变、无噪声), Y_i 为所 拍摄的实际图像。则可以用如下表达式表示:

 $Y_i = M \square X_i + b + \varepsilon_i$ (1)

其中 , M 为比例因子 ; b 为常值干扰 ; c 为随机噪声。

$$Var Y = M^2 Var X + Var \epsilon$$
 (2)
同时根据最小二乘法 还可以得到:

$$M = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} = \frac{Cov(X,Y)}{VarX} (3)$$

由于基准图一般在比较理想的条件下获得, 为了研究方便,在此假定 Xi 为基准图,于是有:

$$\rho = \frac{\operatorname{Cov}(X,Y)}{(\operatorname{Var} X \operatorname{Var} Y)^{2}}$$
(4)

根据(2)(3)和(4)式可得:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\text{Var}\varepsilon}{\text{Var}Y} \tag{5}$$

式(5)显示了随机噪声和匹配系数之间的联系。

2 随机噪声敏感性分析

X_i为理想图像 表示纯图像信息(S);Y_i为实 际图像 ,包含图像信息与噪声(S+N); 为随机噪 声(N)。式(5)可以表示为:

^{*} 收稿日期 2004 - 07 - 21

作者简介》 5 双看(1979 -),男,湖南宁乡县人,西安第二炮兵工程学院硕士研究生。

感性。

到正确的匹配点。

$$\rho^2 = 1 - \frac{N}{S+N} = \frac{S}{S+N}$$

从而:

$$\frac{S}{N} = \frac{\rho^2}{1 - \rho^2} \tag{6}$$

通过(6)式,从而建立了随机干扰下的信噪比 与相关值之间的联系。

3 畸变敏感性分析

一般来说,畸变越强,相关峰值越小,当畸变



(a)包含A和B两个物理景象的实时图模型(无畸变)





增大到一定的程度时 相关峰值可能变为多个 从

而使匹配不能正确的定位。为了分析问题的方

便,以下分3种情况来讨论匹配峰值对畸变的敏

图的相关峰很明显 而且是唯一的 因而很容易得

从图1可以看出 理想情况下 实时图和基准

情况一:理想条件。如图1所示。



图 1 理想条件下的匹配相关示意图

(b)匹配相关函数曲线







(a)包含 A 和 B 两个物理景象 的实时图模型(较小畸变)



(b)匹配相关函数曲线



⁽c)相关函数一阶导数曲线

当实时图存在较小的几何畸变时,由于A和 B两个物理景象存在一定的几何偏移,对应的相 关函数 ϕ_A 和 ϕ_B 的峰值点产生一定的偏移,从而 使相关函数 ϕ^* 也产生也产生偏移。虽然 ϕ^* 仍 有唯一的峰值,但峰值较小,函数曲线也较平缓。 这些在带来了一定的定位误差的同时,也使得匹 配可靠性减小。这一点从 ϕ^* 的一阶导数中可以 更加明显的看出。

情况三:存在较大畸变(图3)。

实时图畸变较大时,相关函数将出现多个峰值,其一阶号数据一定范围内振荡,没有唯一的零

点。在这种条件下,一般难以找到正确的匹配点。 针对以上分析,有必要确定一个门限,当畸变 小于这个门限时,相关函数有唯一的峰值;当畸变 大于这个门限时,相关函数峰值变为多个,一般的 算法难以正确有效的定位。亦即,当畸变小于门 限时,一阶导数有唯一的零点,二阶导数符号不发 生变化;当畸变大于门限时,二阶导数在各零点处 的符号不同。参考文献3)给出了一个公式,通过 简化可以得到:

$$\ddot{\phi}^{*}(0\ \ D) = \ddot{\phi}(0\ \ D \ \mathbf{I} \ 1 + \frac{2\phi(0\ \ D)}{\phi(0\ \ D)}\sigma_{d}^{2} \ \mathbf{I} \ (7)$$

图 2 一定畸变条件下的匹配相关示意图 Fig.2 Image Matching under Minor Interference



(a)匹配相关函数曲线



(b)相关函数一阶导数曲线

图 3 较大畸变条件下的匹配相关示意图(实时图模型如图 (a)) Fig. 3 Image Matching under – Major Interference

其中 , $\phi^*(0,0)$;较小畸变图像相关函数在匹配位置的二阶导数 ; $\phi(0,0)$:理想条件下相关函数在匹配位置的二阶导数 ; σ_a^2 ,畸变度量方差。

为了使 $\phi^*(0,0)$ 不改变符号,必须满足:1+ $\frac{2\phi(0,0)}{\phi(0,0)}\sigma_d^2 > 0$ 。即:

$$\sigma_d^2 < -\frac{\phi(0\,0\,)}{2\phi(0\,0\,)} \tag{8}$$

相关函数 ϕ 在(0 0)附近的曲线采用高斯曲线拟 合 即 : $\phi(x 0) = e^{-\frac{x^2}{2c^2}}$ 。则:

$$\phi(0 \ \beta) = 1 \ \dot{\phi}(0 \ \beta) = -\frac{1}{\sigma^2}$$

从而:

$$\sigma_d^2 < \frac{\sigma^2}{2} \tag{9}$$

参考文献:

- [1] 马龙 缪栋.光学景象匹配基准图的滤波方法研究 J].上海航天 2000 (1) 27 31.
- [2] 高世海 戴文刚,田仲.空域和频域相结合的景象匹配算法 J].中国图象图形学报 2000 (4) 345 348.
- [3] Diamantides N D. Match Point Accuracy in Radar Display Correlation : Detracting Factors and Statistics Z]. Good year Aerospace Corporation. GER – 15756, 1972.

A Preliminary Analysis of Image Matching Model under Interference

PENG Shuang - chun ,LIU Guang - bin ,LIU Dong

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

Abstract :In image – matching system, there is a problem that it is difficult to find the real – time matching position efficiently and precisely because of noise and distortion, etc. This paper sets up the model of interfered real – time image, and reaches a conclusion of the quantitative relation between SNR and correlation. This paper also analyzes the model of a distorted real – time image and obtains the upper limit value of the distorted variance of the real – time image under the condition of matching.

Keywords : image matching ; SNR ; model

万方数据

 σ^2 为理想条件下相关函数曲线方差。根据(9) 式 能够度量允许畸变的最大值。

4 结论

噪声和畸变是实时图受干扰的两个重要因 素 本文通过建模 得出两点结论:

第一、通过建立实时图受干扰模型,得出了信 噪比和相关值之间的定量关系式。

第二、通过分析实时图的畸变模型,得出了可 匹配条件下,实时图畸变方差的上限值。

以上两点结论,对于分析受干扰实时图对景 象匹配的影响,具有一定的参考价值。